

# SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NOGAL PECANERO MEMORIA



**AGRICULTURA**

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



**SOMECH**

Sociedad Mexicana de  
Ciencias Hortícolas A. C.

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Av. Progreso no. 5, Barrio Santa Catarina  
Alcaldía Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México  
Centro de Investigación Regional del Noroeste  
Campo Experimental Costa de Hermosillo  
Pascual Encinas Félix núm. 72.  
Colonia La Manga. Hermosillo, Sonora.  
Memoria Científica No. 21, Noviembre de 2022  
ISSN: 2954-4491

## **SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL**

**Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula**  
Secretario

**Ing. Víctor Suárez Carrera**  
Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria

**Dr. Salvador Fernández Rivera**  
Coordinador General de Desarrollo Rural

## **INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**Dr. Luis Ángel Rodríguez Del Bosque**  
Encargado del Despacho de los Asuntos de la  
Dirección General del Inifap

**Dr. Alfredo Zamarripa Colmenero**  
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

**Dr. Luis Ortega Reyes**  
Coordinador de Planeación y Desarrollo

**Lic. José Humberto Corona Mercado**  
Coordinador de Administración y Sistemas

## **CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL NOROESTE**

**Ing. Marco Antonio Carreón Zúñiga**  
Director Regional

**Dr. Jesús Arnulfo Márquez Cervantes**  
Director de Investigación

**M.A. Luis Alberto Avilés Muñoz**  
Director de Administración

## **CAMPO EXPERIMENTAL COSTA DE HERMOSILLO**

**M.C. Teodoro Cervantes Mendívil**  
Jefe de Campo

# ***XXIII SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NOGAL PECANERO***

## ***MEMORIA***

*Dr. Jesús Humberto Núñez Moreno  
M.Sc. Fernando Afonso Vieira de Figueiredo  
Dr. Erasmo Valenzuela Cornejo*  
**Compiladores**

*M.Sc. Fernando Afonso Vieira de Figueiredo  
Dr. Jesús Humberto Núñez Moreno  
Dr. Erasmo Valenzuela Cornejo*  
**Editores**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias  
Centro de Investigación Regional del Noroeste  
Campo Experimental Costa de Hermosillo

Hermosillo, Sonora

Noviembre de 2022

**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

Progreso # 5, Colonia Barrio de Santa Catarina  
Alcaldía Coyoacán  
C.P. 04010. Ciudad de México  
Tel. (55) 3871- 8700

SIMPOSIO INTERNACIONAL DE NOGAL PECANERO MEMORIA, Año 7, No. 1, noviembre de 2022, es una publicación anual editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Avenida Progreso, Número 5, Colonia Barrio de Santa Catarina, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México. C.P. 04010. <https://simposionogal.mx> Editor Responsable: Jesús Humberto Núñez Moreno. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-092209195500-203, ISSN: 2954-4491, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Jesús Humberto Núñez Moreno. Campo Experimental Costa de Hermosillo, Pascual Encinas Félix No. 72, Col. La Manga. Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83220. Fecha de última modificación: 25 de noviembre de 2022.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Primera edición 2022

Tiraje: 500 ejemplares.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

## **COMITÉ ORGANIZADOR**

---

### **COORDINACIÓN GENERAL Y FINANZAS**

JESUS HUMBERTO NÚÑEZ MORENO  
TEODORO CERVANTES MENDÍVIL  
ROBERTO VERDUGO PALACIOS

### **PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN**

ERASMO VALENZUELA CORNEJO  
JOSÉ ABRAHAM GÁMEZ LUCERO  
KARLA GUADALUPE DOMÍNGUEZ CANIZALES  
LUIS ARMANDO MALDONADO NAVARRO

### **EXPOSITORES Y PROGRAMA DE CONFERENCIAS**

JESÚS HUMBERTO NÚÑEZ MORENO  
JOSÉ GRAGEDA GRAGEDA

### **MEMORIAS**

FERNANDO AFONSO VIEIRA DE FIGUEIREDO  
JESÚS HUMBERTO NÚÑEZ MORENO  
PEDRO FRANCISCO ORTEGA MURRIETA

### **INSCRIPCIÓN Y REGISTRO**

MARIA DE LOS ANGELES ALMARAL CARRILLO  
FERNANDO AFONSO VIEIRA DE FIGUEIREDO  
MIGUEL ANGEL ZAPATA MORENO  
EMILIO JIMÉNEZ GARCÍA  
FÉLIX ROBERTO BURBOA CABRERA

### **APOYO ADMINISTRATIVO**

DULCE IRENE ACOSTA VALLE  
IVETH MARÍA ALMARAL CARRILLO  
MARÍA DEL ROSARIO ROBLES LÓPEZ  
JOSÉ SILVA CONSTANTINO  
JESUS CIPRIANO CONTRERAS VILLA

### **MÓDULOS COMERCIALES**

JOSÉ ABRAHAM GÁMEZ LUCERO  
ANA AURORA FONTES PUEBLA

### **MODERADORES**

JESUS HUMBERTO NÚÑEZ MORENO  
PEDRO FRANCISCO ORTEGA MURRIETA  
JOSÉ GRAGEDA GRAGEDA  
GERARDO MARTÍNEZ DÍAZ

### **RECORRIDO DE CAMPO**

GUSTAVO ADOLFO FIERROS LEYVA  
JESUS HUMBERTO NÚÑEZ MORENO

---

## **AGRADECIMIENTOS**

El Comité Organizador del XXIII Simposio Internacional de Nopal Pecanero agradece el apoyo de: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Gobierno del Estado de Sonora, Productora de Nuez SPR de RI, Junta Local de Sanidad Vegetal de Hermosillo, Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora y la Fundación Pro-Investigación Agrícola del Estado de Sonora, A.C.

De la misma manera se hace amplio reconocimiento y agradecimiento por su apoyo a las siguientes instituciones y/o empresas:

- **Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A.C.**
  - **Universidad Estatal de Sonora**
  - **COMENUEZ**
  - **Departamento de Agricultura y Ganadería. UNISON.**
- 
- **Viñas de la Costa**
  - **Negocio Agrícola San Enrique**

<b>Viveros Santa Rita</b>
<b>Aquafim</b>
<b>Agrofv</b>



# XXIII Simposio Internacional de Nogal Pecanero 2022



**HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO**

**Presentaciones virtuales disponibles a partir de las 17 horas de Sonora en cada día.**

**Del 24 al 27 de octubre de 2022**

**Bienvenida**

Dr. Luis Ángel Rodríguez del Bosque, Director General INIFAP

**Mensaje**

Lic. Plutarco Enrique Sánchez Patiño. Titular de la Oficina de la Representación Federal de la SADER – Sonora.

**Mensaje e Inauguración**

M.C. Fátima Yolanda Rodríguez Mendoza. Secretaria de SAGARHPA Gob. del Estado de Sonora.

**Mensaje**

Sr. Carlos Baranzini Coronado. Presidente Estatal del Sistema Producto Nuez - Sonora

**Mensaje de Comenuez**

Ing. Arsenio González García. Presidente Nacional del Comité Mexicano de la Nuez (COMENUEZ)

**Producción Forzada de Nuez**

Ing. Luis Alberto Esquer Parra. Asesor técnico particular. Hermosillo, Sonora, México.

**Nutrición fosfatada**

Dr. James L. Walworth, Profesor de la Universidad de Arizona. Tucson, Arizona, USA

**Manejo del complejo de Chinchas en nogal**

Ing. Javier Sánchez Romo, Productora de Nuez, Hermosillo, Sonora, Mexico

**Interacción de la fenología con la nutrición en nogal**

Dr. Matías Boris, Asesor particular, Santiago de Chile, Chile

**Protectores solares en nogal**

Dr. Jesús Humberto Núñez Moreno, Investigador del CECH-INIFAP, Hermosillo, Sonora, México.

**Innovaciones tecnológicas**

Ing. David Arturo Noriega Moreno. Asesor técnico particular. Hermosillo, Sonora, México

**Enfermedades de la madera del nogal**

Dra. Rufina Hernández Martínez. Investigadora del CICESE. Ensenada, Baja California, México

**Nanofertilizantes en nogal pecanero**

Dra. Cristina Pisani, Investigadora de ARS-USDA, Byron, Georgia, USDA

**Manejo de la fructificación**

Dr. Jorge Porto, Asesor Técnico. Cachoeira, Rio de Sud, Brasil.

**Coberturas vegetales en huertas de nogal**

Dr. Gerardo Martínez Díaz. Investigador del CECH-INIFAP, Hermosillo, Sonora, México

**Balance hídrico en huertas de nogal**

Dr. Julio César Rodríguez. Profesor Investigador del DAG-UNISON, Hermosillo, Sonora, México

**INFORMES:**

Productora de Nuez S.P.R. de R.L.  
Tel/Fax: (662) 261-0036, 37 y 38

Campo Experimental Costa de Hermosillo  
Cel: (662) 362-6368  
simposiodenogal@gmail.com

Programa del Evento  
f Simposio Internacional de Nogal Pecanero  
@simposiodenogal  
(662) 362-6368

Sitio Web: <http://simposionogal.mx>

## CONTENIDO

<b>TÍTULO</b>	<b>Pág.</b>
<b>EFFECTO DE LA DOSIS DE APLICACIÓN DE CAOLINA EN EL DESARROLLO DE NOGAL PECANERO BAJO CONDICIONES CÁLIDAS Y SECAS</b> <i>Jesús Humberto Núñez Moreno</i>	9
<b>COBERTERAS VEGETALES EN NOGAL PECANERO</b> <i>Gerardo Martínez Díaz</i>	13
<b>AISLAMIENTO Y CARACTERIZACION DE HONGOS ASOCIADOS A MUERTE REGRESIVA Y CANCROS EN NOGAL (<i>Carya illinoensis</i>)</b> <i>Rufina Hernández Martínez</i>	17
<b>BALANCE HÍDRICO EN UNA HUERTA ADULTA DE NOGAL PECANERO (<i>Carya illinoensis</i>) EN LA COSTA DE HERMOSILLO, MÉXICO</b> <i>Julio Cesar Rodríguez</i>	23
<b>PHOSPHORUS FERTILIZATION IN PECANS</b> <i>Jim Walworth</i>	41



## **PRESENTACIÓN**

El nogal pecanero constituye uno de los sistemas producto con mayor importancia como generador de divisas en el estado de Sonora, observándose año con año incrementos en la superficie establecida pero con esto la presencia de nuevos problemas que afectan los niveles de productividad, calidad y consecuentemente la competitividad.

El INIFAP, a través del Campo Experimental Costa de Hermosillo, ha desarrollado desde el año 2000 este evento científico y de transferencia de tecnología con la finalidad de dar a conocer alternativas de solución a los problemas que se presentan en este cultivo mostrando las innovaciones tecnológicas generadas dentro y fuera de esta institución de investigación así como dentro y fuera del país. Tal cómo el año pasado, este año el INIFAP no quiso dejar de mantener la tradición de realizar este evento anual y se optó por hacerlo de forma virtual, con las limitantes inevitables pero con la esperanza de cumplir con las expectativas de todos los involucrados.

Se agradece al Gobierno del Estado de Sonora, Productora de Nuez SPR de RI, Junta Local de Sanidad Vegetal de Hermosillo, Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora, Fundación Pro-Investigación Agrícola del Estado de Sonora, A.C., Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A.C. y agricultores cooperantes por su valioso apoyo para la generación de tecnologías de las cuales se presentan algunas en este evento técnico-científico.

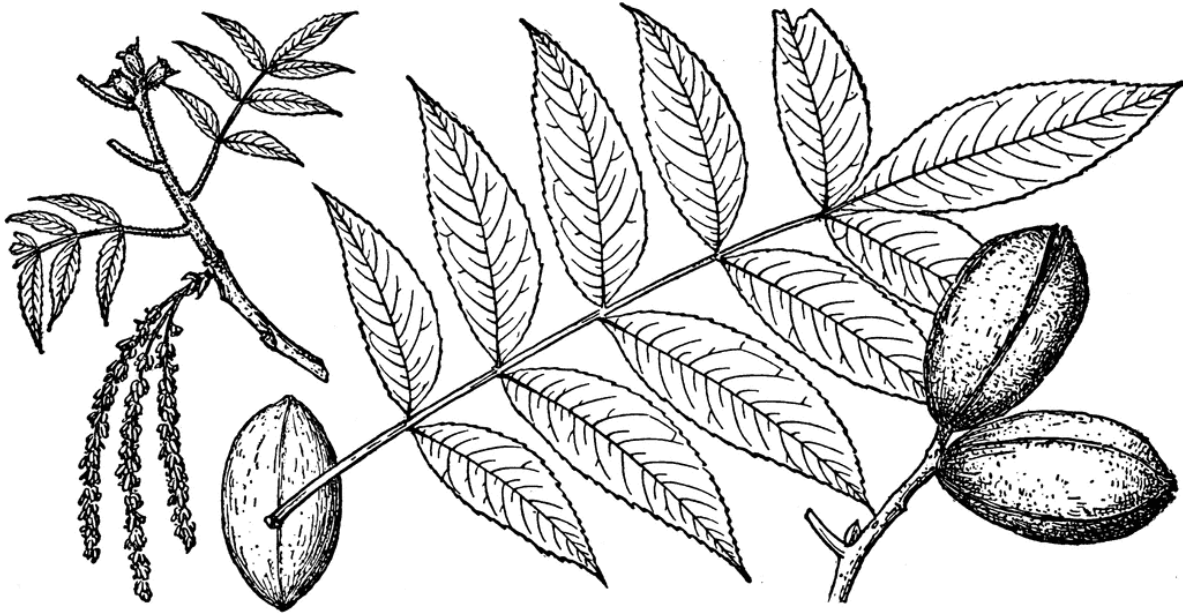
### **Atentamente**

***M.C. Teodoro Cervantes Mendivil***

*Jefe de Campo*

*Campo Experimental Costa de Hermosillo-INIFAP*

# CONFERENCIAS



## **EFFECTO DE LA DOSIS DE APLICACIÓN DE CAOLINA EN EL DESARROLLO DE NOGAL PECANERO BAJO CONDICIONES CÁLIDAS Y SECAS**

**Jesús Humberto Núñez Moreno y Erasmo Valenzuela Cornejo**

Campo Experimental Costa de Hermosillo, INIFAP

[nunez.humberto@inifap.gob.mx](mailto:nunez.humberto@inifap.gob.mx)

### **Introducción**

En la Costa de Hermosillo, ubicada en el noroeste de México, se presenta una gran radiación solar causando daños de golpe de sol en el follaje en los meses de junio y julio. La temperatura llega a alcanzar valores por encima de los 50°C y se tienen niveles altos de incidencia de rayos ultravioletas. Lo anterior puede provocar que el follaje rebase la temperatura óptima y se tengan afectaciones en la tasa fotosintética y que además provoque un estrés oxidativo y se dañe la integridad de los organelos y sitios de captación de luz. Por su parte, producto del estrés que ocasionan las altas temperaturas y los diferentes tipos de radiaciones se presentan oxidantes como el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), el anión radical superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), el singulete de oxígeno (O<sub>2</sub><sup>1</sup>), y el radical hidroxilo (OH<sup>-</sup>). Para eliminar el efecto toxico de estas especies reactivas de oxígeno la planta debe producir sustancias que neutralizan o eliminan a los oxidantes. Por ejemplo, la catalasa neutraliza el efecto del peróxido; el glutatión el del anión radical superóxido, entre otros.

Actualmente, entre otras estrategias, se cuenta con productos que asperjados al follaje (producen una pequeña capa del polvo, película con partículas menores a 2 micras) pueden bloquear la incidencia de la luz ultravioleta mediante el proceso de reflexión. Lo anterior permite que la temperatura del follaje sea menor, lo cual incrementa las condiciones óptimas para la fotosíntesis y de los procesos que inciden en la formación de flores para la siguiente temporada en el caso de las plantas perennes, como lo es el nogal. Se ha encontrado en manzana que la aplicación de estos productos reduce el estrés de calor en hojas y frutas incrementando la reflectividad (Glenn et al., 2002; McBride, 2000; Werblow, 1999). Glenn et al. (2002) también reportan que cuando la caolina fue aplicada indujo un incremento en fotosíntesis. Por otra parte, Lombardini y Harris en 2005 encontraron que con la aplicación de caolina no se tuvo beneficio en la asimilación de carbon, las relaciones de agua y la productividad en nogal pecanero.

El objetivo del presente estudio es determinar el efecto de la película de caolín aplicada en dos dosis sobre la fotosíntesis y desarrollo del la hoja y la fructificación del nogal bajo condiciones secas y calidas del desierto sonorense.

### **Materiales y métodos**

Este estudio se llevó a cabo en 2022 en un huerto de nogal 'Wichita' plantado en 2002. El diseño de plantación es un sistema rectangular de 12 X 6 m, en el campo agrícola "Viñas de la Costa". La variedad polinizadora fue 'Western' en una proporción del 20%. De cada cinco hileras de nogal, una era de la variedad polinizadora. Este campo está ubicado en el Km 40 de la Carretera a Bahía de Kino. El sistema de riego es por goteo sub-superficial con cuatro mangueras enterradas por hilera de árboles a 30 cm de profundidad, dos a cada lado de la hilera. La primera manguera se encuentra a una distancia de 2 metros y la segunda a 3.5 m del

tronco. El sistema de poda utilizado en la huerta es de seto con una calle de 2 m y una altura del árbol de 10 m. El estudio inició el 5 de abril, dos semanas después de la brotación de las yemas. Los tratamientos evaluados fueron: Testigo, 12 kg y 24 kg de caolina por ha en cada aplicación. Las aplicaciones se iniciaron el 5 de abril y se aplicaron a intervalos de tres semanas hasta el 5 de agosto. El producto de caolina utilizado fue Suncrops®. De acuerdo al tratamiento, se asperjaron 12 o 24 kg de caolina cada tres semanas en 1800 litros de agua, durante las tardes-noches cuando la velocidad del viento era menor a 5 km por hora. En el tratamiento Testigo, no se realizaron aplicaciones. El diseño experimental utilizado fue de Bloques al Azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fue peso de la hoja, índice de clorofila (medidor de SPADS, Minolta), fotosíntesis e intercambio gaseoso (CI-340 Photosynthesis System) y fructificación (frutos por brote, frutos por racimo y porcentaje de brotes con fruto). A continuación se describen las características del caolín:

- Producto comercial: Suncrops®
- Ingrediente activo: Caolin
- Nombre químico: protector solar
- Concentración: 97% Caolin (p/p)
- Tolerancia: según norma RM 1035 – SAG
- Densidad: no determinada
- pH: 5-7
- Modo de acción: filtro solar, contacto.

## Resultados

Con relación al efecto de la película de caolín en la temperatura de la hoja, en el Cuadro 1 se puede apreciar en el mes de abril, que el tratamiento sin aplicación de caolín tiene una temperatura de 34.8°C mientras que el tratamiento de 25 kg por ha tiene 31.2°C, es decir una diferencia de 3.6°C. En el mes de junio, la diferencia fue menor, de 1.7°C. Para el mes de agosto esta diferencia se hace todavía menor, solo 0.8°C.

**Cuadro 1. Efecto de la aplicación de caolín en la temperatura del follaje del nogal pecanero en la Costa de Hermosillo – 2022**

Caolín kg por ha	22 abril	7 de julio	25 de agosto
0	34.8	36.1	34.5
12	30	35.7	34.5
25	31.2	34.4	33.7
Sign	*	*	NS

Para el mes de junio, los tratamientos evaluados no afectaron el índice de clorofila la cual varió de 47.8 a 48.9 en el tratamiento Testigo y en los tratamientos con caolín, respectivamente. En el mes de agosto, tampoco se presentaron efectos de parte de los tratamientos. El índice de clorofila en agosto fue mayor en 1.8 con respecto a la del mes de junio.

**Cuadro 2. Efecto de la aplicación de caolín en el índice de clorofila (SPADS) de hojas del nogal pecanero en la Costa de Hermosillo – 2022**

Caolín kg por ha	2 junio	18 agosto
0	47.8	50.3
12	48.9	49.6
25	48.9	49.9
Sign	NS	NS

Con respecto de la fructificación, en el cuadro 3 se presentan el número de brotes con fruto, el número de frutos por racimo y el número de frutos por brote. En este cuadro se puede apreciar que no se tuvo efecto en el porcentaje de brotes con fruto el cual varió desde 77% en tratamiento Testigo hasta 80% en los tratamientos aplicados con caolín. Los tratamientos tuvieron efecto en el número de frutos por racimo y en el número de frutos por brote. En el caso del número de frutos por racimo, este osciló de 2.5 a 3.1 frutos por racimo, siendo el menor valor el correspondiente al tratamiento Testigo. En el caso de los frutos por brote, el rango fue de 1.92 a 2.50, siendo el menor valor también para el tratamiento sin caolín.

**Cuadro 3. Efecto de la aplicación de caolín en la fructificación del nogal pecanero en la Costa de Hermosillo – 2022**

Caolín kg por ha	Brotes con fruto (%)	Frutos por racimo	Frutos por brote
0	77	2.5	1.92
12	80	2.9	2.32
25	80	3.1	2.50
Sign	NS	*	*

Observaciones preliminares, dos mediciones por fecha en cada tratamiento, indican que los tratamientos no afectan la tasa fotosintética del nogal pecanero medida en  $\mu\text{g}$  de  $\text{CO}_2$  por  $\text{m}^2$  por seg (Cuadro 4). El 2 de junio, el tratamiento Testigo tuvo una tasa de fotosíntesis neta de 17 y el tratamiento de 25 kg de caolín por ha de 18. El 8 de julio la tasa fotosintética osciló de 21 a 22 y en el 28 de julio de 20 a 21. Todos los valores expresados en  $\mu\text{g}$  de  $\text{CO}_2$  por  $\text{m}^2$  por seg. Estos valores son muy similares a los obtenidos por otros investigadores en plantas de nogal en condiciones de mayor elevación y con latitudes mayores, es decir condiciones más frescas (Lombardini, 2005). El promedio de fotosíntesis neta anual fue de 20, 19 y 20 para los tratamientos Testigo (0 kg por ha), 12 y 25, respectivamente.

**Cuadro 4. Efecto de la aplicación de caolín en la fotosíntesis neta del nogal pecanero en la Costa de Hermosillo – 2022**

Caolín kg por ha	2 de junio	8 de julio	28 julio	promedio
0	17	22	20	20
12	14	21	21	19
25	18	22	21	20

### **Conclusiones**

La aplicación de una película de caolina mostró efecto en reducir la temperatura del follaje en las mediciones tempranas de los meses de abril a junio. Los niveles de clorofila no se ven afectados por la película de caolín al igual que la tasa fotosintética. La fructificación fue afectada, incrementándose el número de frutos por racimo y el número de frutos por brote.

### **Literatura citada**

- Glenn, D.M., E. Prado, A. Erez, J.R. McFerson y G.J. Puterka. 2002. A reflective, processed kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection, and solar injury in apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127:188-193.
- Lombardini, L. y M.K. Harris. 2005. Leaf gas exchange, water relations, nut yield, and insect population in mature pecan trees. *HortScience* 40(5):1376-1380.
- McBride, J. 2000. Whitewashing agriculture. *Agr. Res.* 48:14-17.
- Werblow, S. 1999. Favorable film. *Ore. Farmer Stockman* (april):8-10.

## COBERTERAS VEGETALES EN NOGAL PECANERO

**Gerardo Martínez Díaz**

Campo Experimental de la Costa de Hermosillo-INIFAP-CIRNO. Calle Pascual Encinas Félix No. 21,  
Colonia la Manga, Hermosillo, Sonora. C. P. 83220. Tel. 01(55)38718700 Ext. 81314.

[martinez.gerardo@inifap.gob.mx](mailto:martinez.gerardo@inifap.gob.mx)

### **Tipos de Coberteras**

La utilización de coberteras vegetales es una práctica agroecológica que consiste en utilizar material vegetal muerto o vivo, donde en el caso de material muerto este se esparce como zacate seco, hojarasca o residuos de cosecha sobre camellones y calles, con el objeto de proteger y mejorar nutricionalmente el suelo (Pound, 1999).

### **Beneficios**

Entre los beneficios que se han atribuido a las coberteras vegetales están el reducir las pérdidas de suelo a causa de la erosión, aumentar la infiltración de agua, reducir la evaporación, reducir la densidad de las malas hierbas competitivas, aumentar la biodiversidad, conservar la mesofauna y permitir el acceso al campo con el suelo húmedo (Arenas *et al.* 2015; Pound, 1999; Tarango, 2010).

En cuanto al efecto de las cubiertas vegetales en la infiltración y disponibilidad de agua en el suelo, diversos autores han puesto de manifiesto la ventaja de éstas en el perfil del suelo, en comparación con el laboreo tradicional (Gómez-Aparisi *et al.*, 1993; Castro *et al.*, 1992).

### **Cultivos donde se aplican**

El uso de coberturas ha sido documentado en huertos de duraznos (Aibar *et al.*, 1990), mango (Rebolledo- Martínez *et al.*, 2011), almendro (Arquero *et al.*, 2015), aguacate (Reyes *et al.*, 2016), cítricos (Arenas *et al.*, 2015), pera (Gómez- Aparisi *et al.*, 1993) y vid (Klik and Loiskandi, 1999). En cultivos perennes que forman una sombra densa después de cinco años, el cultivo de cobertura es necesario solamente durante la fase de establecimiento, pero en frutales de plantaciones abiertas, como los cítricos, mangos o nogal las coberteras pueden establecerse por periodos mayores, utilizando las malezas nativas o bien con la siembra de algunas especies de cultivos (Teasdale *et al.* 1991; Arenas *et al.*, 2015; Tarango, 2010).

Las coberteras vegetales vivas consumen agua y nutrientes, insumos que deben ser proporcionados adicionalmente a las necesidades del cultivo. La mezcla de las especies *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Trifolium repens*, fue una combinación que reportó un bajo requerimiento de agua (Klik and Loiskandi, 1999).

### **Estudios en la Costa de Hermosillo**

Estudios previos sobre la siembra de algunas especies de cultivos en huertas de nogal en la región de la Costa de Hermosillo, demostraron que varias leguminosas no lograron establecerse

dentro del área de la huerta; en cambio, el zacate bermuda para campos de golf (*Cynodon dactylon*) se estableció de manera permanente (Martínez, 2010). Estudios recientes han presentado que especies de leguminosas tropicales si se establecen exitosamente en huertas nuevas de nogal pecanero. Estas leguminosas podrían aportar a las huertas de nogal los beneficios ecosistémicos ya mencionados y además aportar nitrógeno al suelo.



**Figura 1. *Clitoria* spp establecida en nogal pecanero en el año 2022 en la Costa de Hermosillo, Sonora.**





**Figura 2. *Mucuna pruriens* establecida en una huerta de nogal pecanero en la Costa de Hermosillo.**

#### **Literatura citada**

- Aibar, J.; Delgado, I.; Gomez-Aparisi, J. and Zaragoza, C. 1990. Preliminary results from the planting of ground cover crops in a peach orchard. In: Actas de la Reunión de la Sociedad Española de Malherbología. pp. 189-197.
- Arenas A., F. J.; Hervalejo G.A. y De Luna A.E. 2015. Guía de cubiertas vegetales en cítricos. Folleto s/No. Sevilla 2015. Editado por el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía. 12p.
- Arquero, Q. O.; Serrano, C. N.; Lovera, M. M y Romero, C. A. 2015. Guía de cubiertas vegetales en almendro. Folleto s/No. Sevilla 2015. Editado por el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía. 32 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana). 4ta. Ed. Offset Larios. México D. F. 115 p.
- Gómez-Aparisi, J.; Aibar, J.; Zaragoza, C. and Carrera, M. 1993. Influence of soil management system in the evolution of humidity and characteristics of the soil in a pear orchard. 6th Intern. Sympos. On Pear Growing, ISHS, Oregon St at. Univ., Corvallis, USA, p. 72

- Hoseini E. S. and Delbari, M. 2015. Column leaching experiments on saline soils of different textures in Sustain plain. *Desert* 20(2):207-2015.
- Kallenback, C. M.; Frey, S. D. and Grandy, S. 2016. Direct evidence for microbial-derived soil organic matter formation and its ecophysiological controls. *Nature Communications* 7:13630.
- Klik, A. R. and Loiskandl, J. 1999. Effects of temporary and permanent soil cover on grape yield and soil chemical and physical properties. *Horticultural Abstracts*. 69(4):300.
- Martínez-Díaz, G. 2010. Efecto de maleza y especies de leguminosas en humedad del suelo y rendimiento de nogal pecanero (*Carya illinoensis*). In. Memoria del XI simposio Internacional de nogal pecanero. Memoria Científica Núm. 1. INIFAP-CIRNO-CECH. Hermosillo, Sonora pp: 120-123.
- Martínez-Díaz, G. 2012. Estudio de seis años sobre el efecto de las coberturas vegetales vivas en el suelo y árbol de nogal pecanero. In. Memoria del XIII Simposio Internacional de nogal pecanero. Memoria técnica Núm. 3. INIFAP-CIRNO-CECH. Hermosillo, Sonora pp: 67-72.
- Paul, E. A. 2016. The nature and dynamics of soil organic matter: inputs, microbial transformations, and organic matter stabilization. *Soil Biol. Biochem.* 98:109-126.
- Rebolledo-Martínez, A.; Del Ángel-Pérez, A. L.; Megchúm-García, J. V.; Adame-García, J.; Nataren-Velázquez, J. y Capetillo-Burela, A. 2011. Coberteras vivas para el manejo de malezas en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Manila. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13:327-338.
- Ruiz C., J. A.; Medina, G. G.; Grageda. G. J.; Silva, S. M. M. y Díaz P. G. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Sonora (periodo 1961-2003). Libro Técnico Núm. 1. INIFAP-CIRNO. Cd. Obregón, Sonora, México. 171 p.
- Tarango R., S. H. 2010. Manejo de la cubierta vegetal en nogaleras con fertirriego. Folleto Técnico Núm 34. INIFAP-CIRNOC-C. E. Delicias. Cd. Delicias Chihuahua. 24 p.
- Teasdale, J. R.; Besat, E. E. and Potts, E. W. 1991. Response of weeds and cover crop residue. *Weed Sci.* 39:195-199.
- Transviña, B. A., Bórquez. O. R., Leal A. J., Castro, E. L. y Gutiérrez, C. M. 2017. Rehabilitación de suelos con yeso agrícola en un cultivo de nogal en el Valle del Yaqui. *Terra Latinoamericana* 36:85-90.
- Wells, M. L. 2009. Pecan nutrient element status and orchard soil fertility in the southeastern coastal plain of the United States. *HortTechnology* 19(2):432-438.

## **AISLAMIENTO Y CARACTERIZACION DE HONGOS ASOCIADOS A MUERTE REGRESIVA Y CANCROS EN NOGAL (*Carya illinoensis*)**

**Rufina Hernández Martínez<sup>1</sup>, Karen Berenice Torres Valenzuela<sup>1</sup>, Edelweiss Airam Rangel Montoya<sup>1</sup>, Carmen Sanjuana Delgado Ramírez<sup>1</sup>, Cesar Valenzuela-Solano<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE). Departamento de Microbiología. <sup>2</sup>Sitio Experimental Costa de Ensenada. INIFAP. Ensenada, Baja California. MEXICO. ruhernan@cicese.mx

### **Introducción**

Los árboles de nuez pecanera (*Carya illinoensis*) son susceptibles a varias enfermedades que reducen el vigor del árbol y por ende la calidad y la cantidad de las nueces. Las enfermedades causadas por hongos que afectan a la madera suelen ser las más severas y difíciles de tratar. Los principales síntomas que estos hongos ocasionan son cancros en la madera, tizones y muerte regresiva. En California, España y otros países del Mediterráneo, las pérdidas que ocasionan estas enfermedades pueden llegar hasta el 30% de la producción de nuez (Moral et al., 2019).

Alrededor del mundo se han reportado 20 especies de Botryosphaeriaceae asociadas a cultivos de nueces, principalmente en árboles de almendra, pistache y nuez de castilla (Moral et al., 2019). En nuez de castilla en Estados Unidos, España e Irán se han reportado 12 especies de Botryosphaeriaceae: *Botryosphaeria dothidea*, *Diplodia mutila*, *D. seriata*, *Dothiorella Ibérica*, *Lasiodiplodia citrícola*, *L. theobromae*, *Neofusicoccum luteum*, *N. mediterraneum*, *N. nonquaesitum*, *N. parvum*, *N. vitifusiforme* y *Neoscytalidium dimidiatum*, y dos especies de *Diaporthe*: *Diaporthe neotheicola* y *D. rhusicola* (Chen et al., 2014).

En *C. illinoensis* en Brasil el cancro del tallo es causado por *Lasiodiplodia subglobosa* (Poletto et al., 2016), *Neofusicoccum parvum* y *Pseudofusicoccum kimberleyense* (Rolim et al., 2020). En México no existen trabajos sobre los agentes causales asociados a enfermedades de la madera en nogal. Sin embargo, en Sonora se han observado árboles con cancros, exudados gomosos (gomosis) y muerte regresiva, es decir, árboles que comienzan a morir de la punta hacia la base del tronco. Por ello, este trabajo tuvo como objetivo determinar la presencia y la identidad de los hongos causantes de enfermedades de madera asociados a nogal en la Costa de Hermosillo.

### **Materiales y métodos**

Se realizó un muestreo en 11 huertas de nogal de la costa de Hermosillo en árboles con síntomas de muerte regresiva y cancros. De cada sitio se tomaron de 7 a 9 muestras de tallos de aproximadamente 10 cm de largo, estas se colocaron en bolsas con el nombre de la huerta, las coordenadas y un número de colecta. Las muestras se enviaron al laboratorio de fitopatología del CICESE para su procesamiento.

Para el aislamiento de los hongos, se cortaron trozos de la madera colectada de aproximadamente 2 cm, se removió la corteza, y se esterilizaron superficialmente por flameado. Una vez esterilizados superficialmente, se colocaron de tres a cinco fragmentos sobre medio de PDA casero suplementado con cloranfenicol a 15 mg/mL. Las cajas Petri se mantuvieron en oscuridad y se incubaron a temperatura ambiente a 28°C, hasta observar crecimiento micelial.

Para obtener cultivos puros se resembraron puntas de hifas de los hongos en PDA fresco. Los cultivos puros obtenidos se mantienen microtubos con PDA a 4°C.

La caracterización morfológica se hizo por observación de la colonia en medio PDA y MEA y por la observación de las conidioesporas. Para la observación de las conidioesporas, se recuperaron trozos de micelio y se procedió a la observación directa en el microscopio invertido Axiovert 200 Zeiss en campo claro y contraste de fases. Las cepas que no produjeron estructuras de reproducción en PDA o MEA, se inocularon en agar al 15% en agua, usando acúculas de pino embebidas en el medio. Las cajas se mantuvieron en ciclos de luz/obscuridad hasta observar la producción de picnidios. Para la observación de esporas, los picnidios se presionaron entre dos portaobjetos con una gota de KOH al 10%, uno de los portaobjetos se cambió por un cubreobjetos y se procedió a la observación en el microscopio invertido. En todos los casos se tomaron fotografías con una cámara AxioCam HRc, y se procesaron usando el software AxioVision ver. 4.70. Adicionalmente, para comparar las esporas, se midió el largo y ancho de 30 conidios de cada hongo, se analizaron los parámetros estadísticos medias y desviación estándar y se compararon entre las especies usando el software STATISTICA 8.

Para la identificación molecular se extrajo el ADN usando el protocolo de CTAB. El DNA obtenido se usó para amplificar por PCR la región ITS y el factor de elongación tef-1 $\alpha$ , usando la metodología previamente reportada (Rangel-Montoya et al., 2021). Los productos de PCR se limpiaron usando un kit de purificación GeneJet purification kit (Thermo Scientific) y los fragmentos purificados se enviaron para su secuenciación a Eton Bioscience Inc. Para el análisis filogenético, las secuencias se analizaron usando el software BioEdit v.7.0.5.3 (Hall, 1999) y MEGA X. Se obtuvieron secuencias de hongos de especies relacionadas de la página web de "The National Center for Biotechnology Information" (NCBI). Con las secuencias obtenidas se realizó un alineamiento múltiple usando ClustalW con los parámetros por defecto (Thompson et al., 2003). El alineamiento se corrigió manualmente usando el programa BioEdit v.7.0.5.3 (Hall, 1999) y se construyeron árboles filogenéticos para determinar la identidad de las cepas.

Para las pruebas de patogenicidad se seleccionaron dos cepas de cada especie identificada molecularmente, se crecieron en cajas Petri con medio PDA y se incubaron durante 3 días. Para la inoculación se usaron discos de micelio de 3 mm de diámetro y árboles de nogal de aproximadamente 3 años de edad. La inoculación se hizo en la base del tallo, para ello se realizó una herida usando un taladro, limpiando la broca con alcohol al 70% antes y después de cada perforación. Dentro de la herida se colocó el disco de micelio y se selló con parafilm para evitar la deshidratación del disco. De cada cepa se hicieron siete réplicas y como control negativo se usó un disco de medio PDA estéril siguiendo el mismo procedimiento. Las plantas se regaron cada tercer día y se mantuvieron durante dos meses en condiciones de invernadero. Para el análisis de las lesiones, los tallos se cortaron 10 cm hacia arriba y hacia debajo de la lesión, se retiró el parafilm y se midió la longitud de la lesión ocasionado por la cepa inoculada. Para completar los postulados de Koch se intentó el aislamiento del hongo de las zonas dañadas inoculando trozos de la madera previamente esterilizada por flameado, en cajas Petri con medio PDA con cloranfenicol a 15 mg/ml.



**Figura 1. Árboles de nogal con síntomas de muerte regresiva, secamiento de ramas y necrosis en la madera, de los cuales se obtuvieron trozos de tallo para aislar e identificar los hongos de madera.**

## Resultados

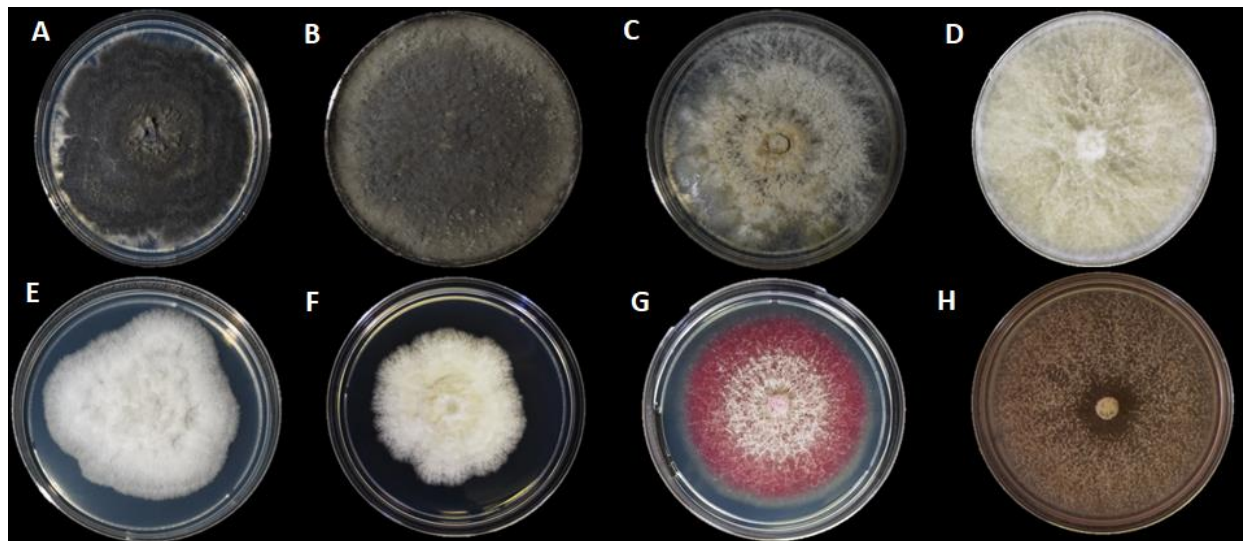
Los árboles de los cuales se recolectaron las muestras presentaban síntomas de muerte regresiva canchales o lesiones necróticas, pudriciones y en algunos casos exudados gomosos (Figura 1). En total se colectaron 70 muestras de once huertas. De las 70 muestras colectadas se aislaron alrededor de 100 cepas, de las cuales se seleccionaron 30 que representaban siete morfotipos (Figura 2). La selección se basó en similitudes con colonias de hongos causantes de enfermedades de la madera, como especies de la familia Botryosphaeriaceae (*Lasiodiplodia* y *Pseudofusicoccum*), y de los géneros *Diaporthe*, *Fusarium* y *Eutypella*.

De acuerdo a las características morfológicas el primer morfotipo identificado incluyó 15 de las cepas seleccionadas (M1T2B, M4T5B, M7T8A, M8T3A, M9T4 y M10T4, entre otras). Estas se caracterizaron por presentar un pigmento violeta al observar el reverso de la caja Petri y presentar abundante micelio aéreo (Figura 2A). Con el paso de los días el pigmento desaparece y la colonia se torna grisácea. Sus conidiosporas son hialinas, de paredes delgadas a ligeramente engrosadas, con septos apenas visibles, con contenido granular, baciliformes, rectos a ligeramente curvados, ápice y base redondeados. Estas características los agrupan dentro del género *Pseudofusicoccum*. El análisis molecular las identificó como

*Pseudofusicoccum stromaticum*. Esta especie se encontró en diez sitios de los once muestreados. *Pseudofusicoccum stromaticum* se ha reportado en mango (Marques, et al., 2012) y Anonáceas (Machado et al., 2019) y en nuez de la india (Coutinho et al., 2018) en Brasil, pero esta es la primera vez que se reporta en nogal.

El segundo morfotipo incluyó a los aislados M2T2, M3T5, M4T2A, M5T3A, M8T4B que se identificaron como pertenecientes al género *Lasiodiplodia*. El análisis molecular identificó a las especies *Lasiodiplodia brasiliensis* y *L. exigua*. Estas especies se caracterizan por presentar micelio aéreo blanquecino que se torna grisáceo primero y posteriormente negro (Figura 2B). Sus esporas son hialinas o pigmentadas y presentan septo. *Lasiodiplodia* se encontró en cinco sitios de muestreo. *Lasiodiplodia brasiliensis* y *L. exigua* se han identificado en viñedos de Sonora y Baja California afectando viñedos (Rangel-Montoya et al., 2021), pero esta es la primera vez que se reportan en nogal.

En el tercer morfotipo, se agruparon seis aislados pertenecientes de género *Diaporthe* (cepas M1T1B, M3T1B, M4T5A, M6T2A, M7T2A Y M9T1B). Estas presentaron crecimiento con bordes irregulares y micelio blanquecino al principio, con tonalidades naranjas con el paso del tiempo y la formación de picnidios ostiolados con fiálides cilíndricas, dentro de los cuales se encontraron  $\alpha$ -conidios y  $\beta$ -conidios (Figura 2C). El análisis molecular las identificó como *Diaporthe caatingaensis*. Las especies de *Diaporthe* a menudo se han reportado como patógenos de plantas, endófitos o saprobios, comúnmente aislados de una amplia gama de plantas hospedantes. Esta especie se encontró en seis sitios de muestreo.



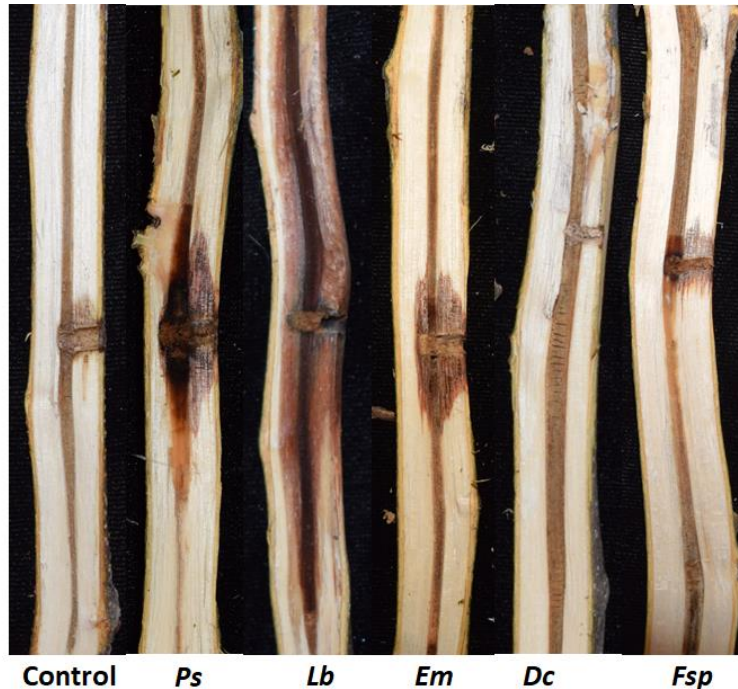
**Figura 2. Morfotipos observados en las 30 cepas seleccionadas. A) *Pseudofusicoccum stromaticum*. B) *Lasiodiplodia brasiliensis*. C) *Diaporthe caatingaensis*. D) *Eutypella microtheca*. E) *Fusarium incarnatum*. F) *Fusarium lacertarum*. G) *Fusarium decemcellulare*. H) *Chaetomium* sp.**

Un cuarto grupo o morfotipo incluyó a las cepas M4T2B y M5T5A, los cuales presentaron micelio abundante, blanquecino que con el paso del tiempo se tornó anaranjado claro en el cual no se observó la formación de esporas (Figura 2D). El análisis molecular las identificó como

*Eutypella microtheca*. Esta especie se encontró en dos sitios muestreados. *Eutypella microtheca* fue reportada en vid en México (Paolinelli-Alfonso et al., 2015), pero esta es la primera vez que se reporta en nogal.

Dentro de los otros morfotipos observados se identificaron tres especies de *Fusarium* que incluyen las cepas M7T7, M10T3B y M9T1E, que pertenecen a *Fusarium incarnatum*; M6T4B que pertenece a *Fusarium lacertarum* y M10T3C que pertenece a *Fusarium decemcellulare*. *Fusarium incarnatum* y *Fusarium lacertarum* en medio PDA presentaban pigmentación color rosa (Figura 2E y 2F), con crecimiento irregular con márgenes lobulares y pigmento amarillo oscuro en el centro. *Fusarium decemcellulare* presentó un crecimiento más regular y una pigmentación roja. Estas especies se encontraron en cinco sitios de muestreo

En lo que respecta a la patogenia de los hongos aislados, todos produjeron lesiones necróticas en nogal, pero las que ocasionaron mayores lesiones fueron las especies de *Lasiodiplodia* con promedios de arriba de los 5 cm (Figura 3). Aunque las otras cepas ocasionaron lesiones de alrededor de 1 cm, no debe menospreciarse su papel como causantes de muerte regresiva en nogal.



**Figura 3.** Lesiones en árboles de nogal después de dos meses de haberse inoculado con hongos aislados de la madera. El control fue inoculado con un disco de medio PDA, los demás se inocularon con *Pseudofusicoccum stromaticum* (Ps), *Lasiodiplodia brasiliensis* (Lb) *Eutypella microtheca* (Em), *Diaporthe caatingaensis* (Dc) y *Fusarium* (Fsp)

### Conclusiones

Se identificaron las especies de *Lasiodiplodia brasiliensis*, *L. exigua*, *Pseudofusicoccum stromaticum*, *Diaporthe caatingaensis*, *Eutypella microtheca* y *Fusarium* spp. asociadas a canchros y muerte regresiva en huertas de nogal en Sonora. Excepto por las cepas de

*Fusarium*, todas estas especies son agentes causales de enfermedades de la madera en otros cultivos leñosos. *Pseudofusicoccum stromaticum* es la especie más distribuida, ya que se encontró en diez de los once sitios muestreados y las especies del género *Lasiodiplodia* fueron las más virulentas.

#### Literatura citada

- Chen, S., Morgan, D. P., Hasey, J. K., Anderson, K., & Michailides, T. J. (2014). Phylogeny, morphology, distribution, and pathogenicity of Botryosphaeriaceae and Diaporthaceae from English walnut in California. *Plant disease*, 98(5), 636-652.
- Coutinho, I. B., Cardoso, J. E., Lima, C. S., Lima, J. S., Goncalves, F. J., SILVA, A. M., & Freire, F. (2018). An emended description of *Neofusicoccum brasiliense* and characterization of *Neoscytalidium* and *Pseudofusicoccum* species associated with tropical fruit plants in northeastern Brazil.
- Hall, T. A. (1999, January). BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. In *Nucleic acids symposium series* (Vol. 41, No. 41, pp. 95-98). [London]: Information Retrieval Ltd., c1979-c2000.
- Machado, A. R., Custódio, F. A., Cabral, P. G. C., Capucho, A. S., & Pereira, O. L. (2019). Botryosphaeriaceae species causing dieback on Annonaceae in Brazil. *Plant Pathology*, 68(7), 1394-1406.
- Marques, M. W., Lima, N. B., Michereff, S. J., Câmara, M. P. S., & Souza, C. R. B. (2012). First report of mango dieback caused by *Pseudofusicoccum stromaticum* in Brazil. *Plant Disease*, 96(1), 144-144.
- Moral, J., Morgan, D., Traperó, A., & Michailides, T. J. (2019). Ecology and epidemiology of diseases of nut crops and olives caused by Botryosphaeriaceae fungi in California and Spain. *Plant Disease*, 103(8), 1809-1827.
- Paolinelli-Alfonso, M., Serrano-Gomez, C., & Hernandez-Martinez, R. (2015). Occurrence of *Eutypella microtheca* in grapevine cankers in Mexico. *Phytopathologia Mediterranea*, 54(1), 86-93.
- Poletto, T., Gonzatto Maciel, C., Muniz, M., Blume, E., Poletto, I., & Brioso, P. (2016). First report of stem canker caused by *Lasiodiplodia subglobosa* on *Carya illinoensis* in Brazil. *Plant Disease*, 100(5), 1016.
- Rangel Montoya, E. A., Paolinelli, M., Rolshausen, P. E., Valenzuela Solano, C., & Hernandez Martinez, R. (2021). Characterization of *Lasiodiplodia* species associated with grapevines in Mexico. *Phytopathologia Mediterranea*. 60(2), 237-251.
- Rolim, J. M., Savian, L. G., Walker, C., Rabuske, J. E., Sarzi, J. S., Muniz, M. F. B., & da Silva, J. C. P. (2020). First report of stem canker caused by *Neofusicoccum parvum* and *Pseudofusicoccum kimberleyense* on *Carya illinoensis* in Brazil. *Plant Disease*, 104(11), 3067.
- Thompson, J. D., Gibson, T. J., & Higgins, D. G. (2003). Multiple sequence alignment using ClustalW and ClustalX. *Current protocols in bioinformatics*, (1), 2-3.



## **BALANCE HÍDRICO EN UNA HUERTA ADULTA DE NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis*) EN LA COSTA DE HERMOSILLO, MÉXICO**

**Julio Cesar Rodríguez<sup>1</sup>, Samuel Ortega Farias<sup>2</sup>, Fidencio Cruz Bautista<sup>1</sup>, Abraham Gámez Lucero<sup>1</sup>, Martín Chávez Valenzuela<sup>1</sup>, Alejandro E. Castellanos<sup>1</sup>, Andrés Ochoa Meza<sup>1</sup>, Salah Er-Raki<sup>3</sup>, Carlos Lizárraga Celaya<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Universidad de Sonora, México; <sup>2</sup>Universidad de Talca, Chile; <sup>3</sup>Universidad Cadi Ayyad, Marruecos;

<sup>4</sup>Universidad de Arizona, EUA

[julio.rodriguez@unison.mx](mailto:julio.rodriguez@unison.mx)

### **Resumen**

En Sonora, el nogal pecanero es uno de los principales cultivos perennes. En este cultivo, el sistema de riego ha migrado de rodado a presurizado. Presenta una alta cobertura vegetal y se considera que tiene altos requerimientos de agua para satisfacer la demanda atmosférica, enfriamiento y su nutrición. Con el fin de evaluar su capacidad de fijar dióxido de carbono atmosférico, convertirlo en biomasa nueva y su consecuente requerimiento de agua, fue instalado en el año 2016 un sistema de covarianza de vórtices sobre una torre micrometeorológica en una huerta adulta de nogal pecanero. Adicional a ello se realizaron mediciones meteorológicas y ecofisiológicas. Los resultados muestran un gradiente de sur a norte con respecto a las temperaturas del aire, donde el Valle del sur presenta las temperaturas mínimas más altas ~7.0 °C, mientras que ~4.0 °C en la parte norte del estado. Esto tiene un importante impacto en la acumulación de frío en los frutales, donde las HF máximas en sur (613) corresponde a las mínimas en la parte norte (613) del estado. Caso similar con las temperaturas máximas, pero inverso, la parte sur menos cálida que la parte norte del estado, debido a la presencia de mayor humedad atmosférica. Cuando se analiza la evapotranspiración de referencia usando diversas aproximaciones en los valles agrícolas, se observa que la Har-Sam y FAO56, presentan valores de 1,895 y 1,848 mm/año, los cuales son similares y podría ser utilizada cuando existan falta de datos de vientos y humedad atmosférica. Por otro lado, el nogal pecanero en la Costa de Hermosillo en el área de estudio, presento como salida en los últimos 5 años una evapotranspiración de 1,427 mm (1,287-1,650), mientras que como entradas recibió mediante riego y lluvia, 1,653 mm (1,537-1,898) y 213 mm (153-272), respectivamente. Dando un balance anual medio de 438 mm (301-506). Finalmente, si se considera que ~90% de la lluvia se evapora, la entrada media sería de riego de 1,653 mm y la salida por ET 1,427 mm, existe un potencial de reducción de 200 mm. Por lo tanto, se pensaría que las láminas de riego deberían de estar entre 1,200 a 1,300 en huertas adultas, manteniendo las tensiones de agua en el suelo entre -30 a -20 kPa y un coeficiente de cultivo (Kc) máximo de 1.0, en el periodo de máxima demanda de agua, al final del desarrollo y llenado del fruto.

### **Introducción**

Los cultivos perennes, como su nombre lo dice, son aquellos cultivos más o menos permanentes, que requieren un número definido de ciclos o periodos de crecimiento antes de su primer fructificación. También, muchos de ellos requieren acumular frío antes de su floración (Hatfield and Walthall, 2014). Muchos de ellos han sido establecidos en el noroeste de México y entre ellos se encuentran los frutales como las vides, espárrago y nogal pecanero. El éxito de

estos cultivos en la región depende fuertemente de las variables ambientales, tales como la temperatura del aire y la demanda de la atmosfera (evapotranspiración potencial) y el manejo (nutrición, riego y control de plagas y enfermedades).

El nogal pecanero (*Carya illinoensis*), es una especie nativa de Norteamérica, y actualmente se cultiva en varias regiones en América del Sur, África del Sur, Australia y China (Grauke et al., 2016). Es uno de los principales cultivos perennes en el noroeste de México, durante los últimos años, su superficie se ha incrementado de manera importante (SIAP, 2020). Presenta una larga estación de crecimiento (brotación a senescencia), estimaciones realizadas por Brown (2010), menciona 272 días, contabilizando del 16 de marzo al 15 de diciembre (brotación a senescencia) y alrededor de 2,900 UC, considerando como temperatura base 15.5 (Miyamoto, 1983).

Sus requerimientos hídricos han sido estudiados desde hace décadas en los estados sureños de Norteamérica (Miyamoto, 1983; Sammis et al., 2004; Wells, 2015). En México, su región norte por Rodríguez et al. (2010), Valdez et al. (2013), y Sifuentes et al. (2015). En ambas regiones se ha estudiado en sistemas de riego por gravedad o presurizado. Las láminas de riego aplicadas y evapotranspiradas son contrastantes, por ejemplo, en la región del río grande (Las cruces), Sammis et al. (2004) reporto para riego por gravedad, láminas aplicadas y evapotranspiradas de 1,900 y 1,420 mm, respectivamente; mientras que, en Costa de Hermosillo, México, Rodríguez et al. (2010) reporto para riego presurizado, láminas aplicadas y evapotranspiradas de 1,460 y 1,297 mm, respectivamente. Durante la década pasada Valdez et al. (2015), usando tensiómetros, evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) estimó la demanda hídrica anual en huertas jóvenes y adultas, reportando valores de 946 y 1,357 mm respectivamente, pero sin reportar láminas de riego.

Lo anterior, nos indica que es un cultivo con un largo periodo con follaje y por lo consiguiente importante demanda hídrica durante su desarrollo anual para satisfacer la demanda atmosférica, su enfriamiento y nutrición, entre otros. Por lo consiguiente, surgen algunas preguntas sobre este cultivo y sus requerimientos. Entre ellas, ¿Cuál es la demanda atmosférica en la región?. ¿Cuánto agua evapotranspira una huerta adulta bajo riego presurizado?. ¿Cuál es su coeficiente de cultivo?. ¿A qué tensión de agua o humedad en el suelo de debe mantener la superficie para evitar su estrés?, entre otras.

### **Materiales y métodos**

A partir de 2016 en el predio Viñas de la Costa sobre una superficie de 19.0 ha de nogal pecanero se instaló permanentemente una torre micrometeorológica. La estructura triangular (T45) de 21m de altura, está compuesta por secciones ensamblables de 3m cada una. En la parte superior fue colocado un sistema de covarianza de vórtices (analizador de gases infrarrojo y anemómetro sónico) y diferentes sensores meteorológicos por debajo de este (figura 1). Adicionalmente en el suelo se colocaron sensores de temperatura y humedad de suelo, y tensiómetros a diferentes profundidades. El cuadro 1, muestra los sensores instalados, marca, elevación y/o profundidad. Los datos micrometeorológicos se muestrearon a 10 Hz, creado archivos cada 30 min.; mientras que los meteorológicos y de suelo se muestrearon cada 10 seg., almacenando su promedio cada 10 min. Para el procesamiento de los datos micrometeorológicos se utilizó el programa EddyPro ver. 6.0 (LI-COR), en modo exprés. Los datos meteorológicos fueron promediados a frecuencia de 30 min y diarios, semanal, mensual o

anual, al igual que los micrometeorológicos para su utilización posterior. El cálculo de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) se realizaron usando la aproximación FAO56, Allen et al. (1998) y Doorembos y Pruitt (1977), respectivamente. Esta plantación tiene 22 años (1999-2000), marco de plantación de 6x12m, al principio recibió riego rodado, posteriormente se instalaron microaspersores y en los últimos años mangueras de 2.2 l/min, en número de 4, dos por cada lado y en 2018, estas fueron enterradas entre 10-20 cm de profundidad.



**Figura 1. Torre micrometeorológica en nogal pecanero, Viñas de Costa, Hermosillo, México.**

**Cuadro 1. Sensores instalados en Viñas de la Costa, Hermosillo México.**

Variable medida	Sensor	Altura (m)
Flujo de calor sensible (H), W/m <sup>2</sup>	Anemómetro sónico (GILL)	21.0
Flujo de calor latente (LE), W/m <sup>2</sup>	IRGA 7500Rs (LICOR) y Anemómetro sónico (GILL)	21.0
Flujo de calor de suelo (G), W/m <sup>2</sup>	Placa HFP01SC (Hukseflux)	-0.1
Flujo carbono (CO <sub>2</sub> ), μmol/m <sup>2</sup> /s	IRGA 7500Rs (LICOR) y Anemómetro sónico (GILL)	21.0
Temp. y humedad del aire, °C y %	HMP60, (Vaisala)	15.0
Vel. y dir. del viento, m/s, grados	Anemómetro sónico (GILL)	21.0
Temperatura de superficie, °C	SI-12I (Apogee)	15.0
Temperatura de suelo, °C	TDR315L (ACCLIMA)	-0.30,-0.60, -0.90, -1.20
Humedad de suelo, m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	TDR315L (ACCLIMA)	-0.30,-0.60, -0.90, -1.20
Tensión de agua en suelo (kPa)	Watermark, M900	-0.30,-0.60, -0.90, -1.20
Precipitación, mm	Pluviómetro (Texas Electronics)	12.0
Riego, mm	Pluviómetro (Texas Electronics)	0.5
Radiación neta, W/m <sup>2</sup>	Radiómetro neto (Kipp & Zonen)	19.2
Radiación solar incidente, W/m <sup>2</sup>	Albedómetro (Kipp & Zonen)	19.2
Radiación solar reflejada, W/m <sup>2</sup>	Albedómetro (Kipp & Zonen)	19.2

## Resultados y discusión

### Características Climatológicas de los valles agrícolas de Sonora.

Los principales valles agrícolas en Sonora se localizan en su planicie costera y entre los más importantes se encuentran los distritos de riego (DR) Valle del río Mayo, Valle del río Yaqui, Costa de Hermosillo y Costa de Caborca. La figura 2 muestra la climatología histórica (1950-2010), basada en las Normales Climatológicas (CONAGUA). En ella se observa de manera general que los valles del sur de Sonora presentan una menor demanda atmosférica (Valle del Yaqui) y la máxima en el norte (Valle de Caborca); siendo la primavera cuando estos presentan

la máxima evaporación, generalmente debido a: máxima insolación, máxima temperatura el aire y mínima humedad relativa (Cuadro 2).

Por otro lado, los inviernos son frescos y con frecuencia no acumulan suficiente frío los frutales (horas frío, HF), lo que conlleva a la aplicación de sustancias químicas para compensar su baja acumulación y uniformizar su brotación al final del invierno. El cuadro 2, muestra el gradiente de HF de sur a norte, variando de 380 a 941 HF como promedio. Sin embargo, las mínimas HF en los valles del norte corresponde a las máximas HF en el sur del estado. Esto puede ser debido a varias razones, tales como, una mayor humedad atmosférica y por lo consiguiente una mayor temperatura mínima, además de menor latitud. Durante la primavera-verano, sucede lo inverso la región norte presenta las máximas temperaturas del aire, debido a la baja humedad atmosférica por la menor precipitación debido a la débil influencia del monzón mexicano.

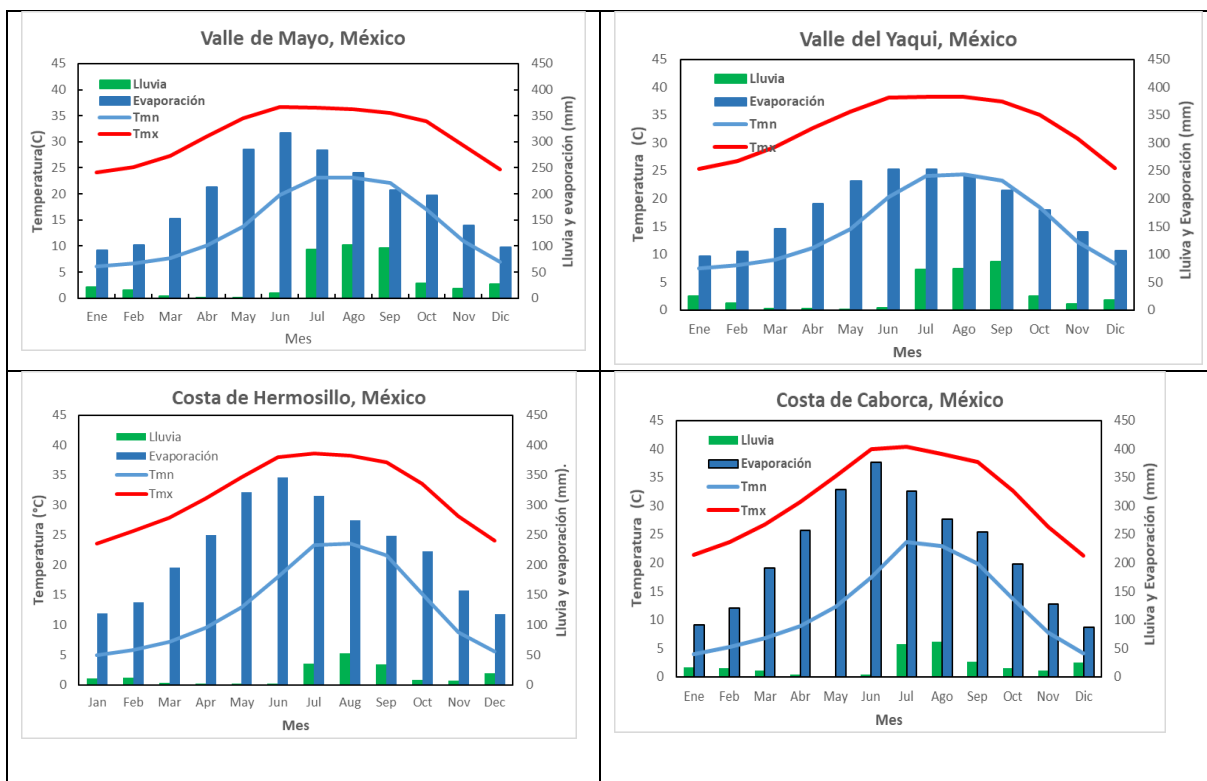


Figura 2. Climatología en DR, en las planicies costeras del noroeste de México (CONAGUA).

Cuadro 2. Horas frío (HF) de noviembre a febrero (2013-2022) y normales meteorológicas en los valles agrícolas del noroeste de México (1950-2010). HF, temperatura del aire menor a 10°C y mayores a 0°C. Datos de CONAGUA y SIAFESON.

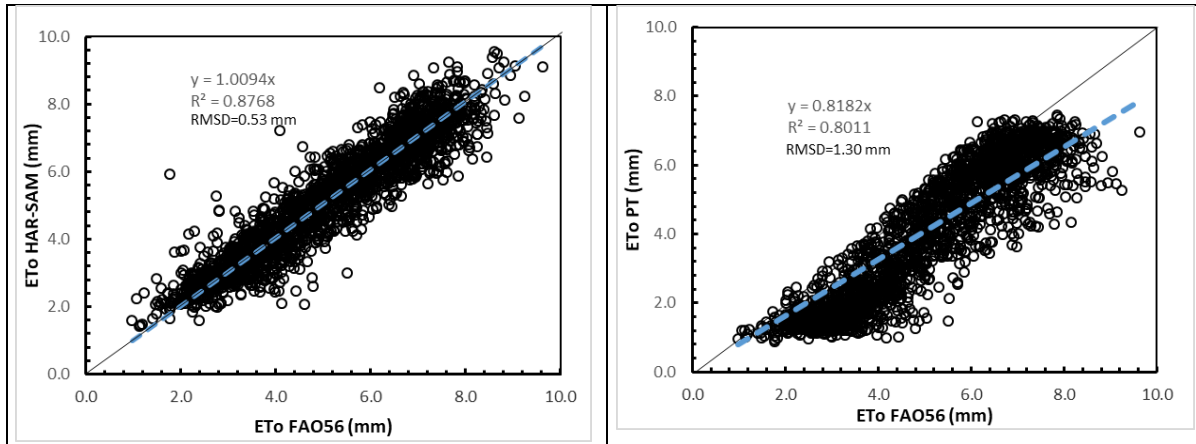
Distrito de Riego	HF-Prom	HF-Max	HF-Min	HF-STD	Tmn	Tmx	Lluvia	Evaporación
V. Mayo	379.7	613.0	246.0	173.7	6.1	36.7	415.6	2329.4
V. Yaqui	451.8	680.0	253.0	207.9	7.5	38.3	333.6	2155.5
C. de Hermosillo	497.1	733.0	293.0	141.4	4.9	38.6	188.2	2704.4
C. Caborca	940.8	1285.0	616.0	184.5	4.0	40.4	246.3	2633.4

¿Cuál es la demanda atmosférica en la región?

Si consideramos como demanda atmosférica, a la evapotranspiración potencial, podemos encontrar que existen un número importante de aproximaciones. Entre ellas Penman, Penman-Monteith, Turc, Hargreaves, Hargreaves-Samani, Makkink, Priestley-Taylor, FAO56 (ver Djaman et al., 2018). Generalmente, todas estas aproximaciones tienen diversos requerimientos de variables ambientales y actualmente muchas de ellas con comparadas con Penman-Monteith-FAO56 (Allen et al., 1998; Arellano e Irmak, 2016). La aproximación mejor conocida como FAO56, tiene una gran aceptación a nivel global, es ampliamente utilizada y es la mejor aproximación a la demanda atmosférica (ET<sub>o</sub>). Una de sus limitaciones, es que considera una superficie de referencia, la cual tiene ciertas características, tales como una cubierta vegetal (continua, uniforme, sombreada, altura), sin restricciones de agua u otros fenómenos que produzcan estrés. Esta superficie, frecuentemente es ignorada y en sus estimaciones puede llevar implícito algún error. El cuadro 3, muestra varias aproximaciones a ET<sub>o</sub> en los valles agrícolas de Sonora. Observándose en general que PT, presenta los mínimos valores y similares para las tres regiones; por otro lado, los valores máximos los presenta Kim-Pen y similar para las tres regiones. Por otro lado, también se puede observar que las aproximaciones de FAO56 y Har-Sam, presentan valores similares, principalmente en la parte más árida (Costa de Hermosillo y Caborca). Lo anterior, podría permitir usar Har-Sam en sitios donde existan solo datos de radiación solar y temperatura del aire (Figura 3). Resultado similar al observado por Arellano e Irmak (2016) para otras regiones áridas de Norteamérica.

**Cuadro 3. Evapotranspiración potencial usando diversas aproximaciones en valles agrícolas de Sonora. PT, Priestley-Taylor; Mak, Makkink; Pen, Penman; Kim-Pen Kimberly-Penman; Turc-Rad, Turc-Radiación; Har-Sam, Hargreaves-Samani. Datos de SIAFESON, AMEXCID proyecto, PLEIADES proyecto, AGROSON.**

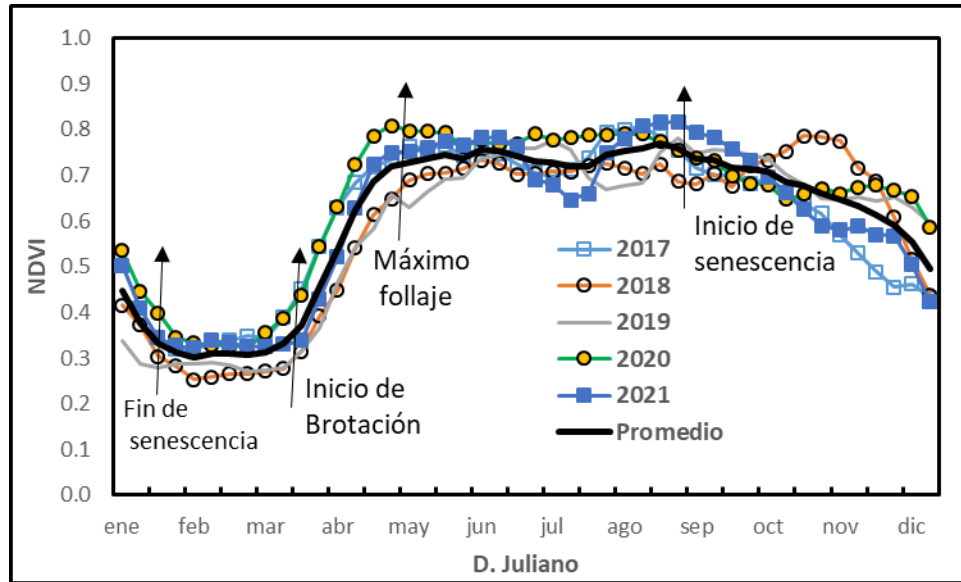
<b>Valle</b>	<b>FAO56 (mm)</b>	<b>PT (mm)</b>	<b>Mak (mm)</b>	<b>Pen (mm)</b>	<b>Kim- Pen (mm)</b>	<b>Turc-Rad (mm)</b>	<b>Har-Sam (mm)</b>
Yaqui	1983.0	1464.0	1506.5	1722.0	2345.7	1599.6	1825.4
Hermosillo	1846.3	1461.6	1483.9	1717.1	2168.1	1595.3	1868.5
Caborca	1855.8	1359.4	1444.2	1668.8	2228.9	1532.9	1849.3



**Figura 3. Evapotranspiración de referencia (ETo) en predio Viñas, Costa de Hermosillo, 2018-2021.**

### ¿Cuál es la demanda hídrica del nogal pecanero en la Costa de Hermosillo?

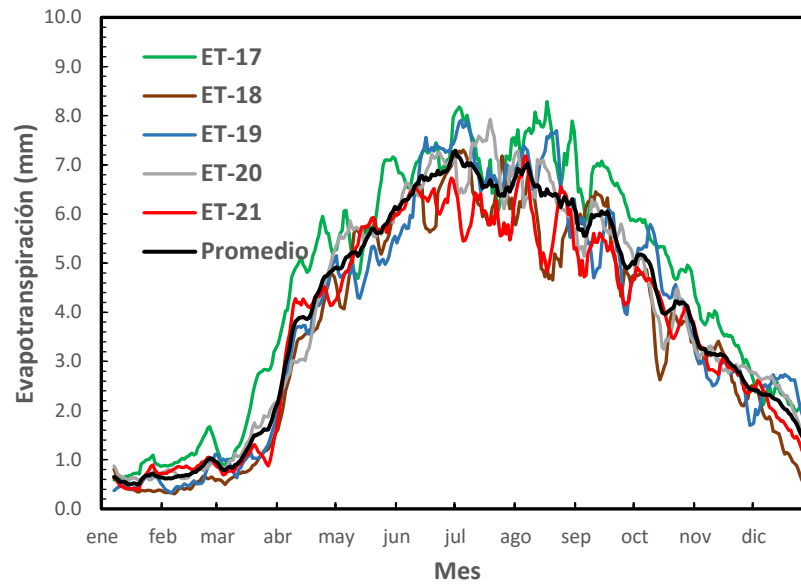
La figura 4 muestra el NDVI multianual en el nogal pecanero. En ella se puede inferir la fenología del cultivo (brotación, desarrollo y madurez de follaje y la senescencia). Este comportamiento es típico como referido por Zhang et al. (2002) para el monitoreo de la vegetación y su conexión con la evapotranspiración y productividad primaria bruta (GPP). Sin embargo, En el caso de los cultivos anuales la amplitud de la etapa fenológica de desarrollo del follaje es corta comparado con los cultivos perennes (Ji et al., 2021; Yodfi and Yousefi, 2022). Generalmente esta intensa señal de la vegetación (NDVI) se ha utilizado para la predicción de rendimiento en el caso de cereales, Ji et al. (2021); mientras que, en perennes sea utilizado mayormente para monitoreo de la fenología, Zhang et al (2002) y evapotranspiración (Salvador et al., 2021).



**Figura 4. Índice de la diferencia normalizada de la vegetación (NDVI) de MODIS cada 8 días en huerta de nogal pecanero en predio Viñas de la Costa de Hermosillo, México.**

La figura 5 muestra la evolución multianual de evapotranspiración (ET) diaria en nogal pecanero. En ella se observan un comportamiento similar al NDVI, con una caída previa a la cosecha (septiembre) por la reducción de riego, el cual indica el inicio de la senescencia (figura 4). Sin embargo, también se observa variaciones anuales, y están son generalmente debida al manejo y la variabilidad ambiental que incrementa la demanda de agua por la atmosfera. Los valores puntales diarios de ET, son similares a los reportados por (Sammis et al., 2004; Rodriguez et al. 2010; Abudu et al. 2016), entre otros.





**Figura 5. Diaria evapotranspiración multianual en huerta adulta de nogal pecanero, Viñas de la Costa, Hermosillo, México.**

El cuadro 4 muestra el resumen multianual de varias variables de interés agronómico. Sin embargo, no están fuertemente conectadas con rendimiento en nuez de nogal. La GPP (biomasa aérea nueva), está intensamente relacionado con el manejo (podas), observándose que los valores mínimos de 1,890 y 1,912 gC/m<sup>2</sup>, ocurrieron cuando se realizó poda de copa en los años 2018 y 2021; mientras que, los máximos valores de GPP de 2,115 y 2,036 gC/m<sup>2</sup>, se presentaron en 2017 y 2020 cuando se realizó poda lateral o de luz. Estos valores son similares a los observados por Rodríguez et al. (2022) en espárrago en el noroeste de México. Esta mayor presencia de biomasa produce una mayor evapotranspiración (ET), observándose en el mismo cuadro que los años con alta GPP (2017 y 2020), fueron los años donde el nogal ha presentado una alta ET (1,650 y 1,445 mm), lo cual es reforzado por la baja precipitación (204 y 153 mm), implicando que este incremento en la ET, no está fuertemente influenciado por la evaporación del agua de lluvia, sino por la transpiración del mayor follaje, valores similares a los observados en Nuevo México por Sammis et al. (2004) de 1425 mm anualmente. De manera similar la GPP está ligada a la ganancia neta de carbono (NEE) y su valor máximo (-1006 gC/m<sup>2</sup>) y mínimo (-788 gC/m<sup>2</sup>), donde el primero correspondió al año con poda lateral y segundo a poda de copa. Estos valores como promedio durante los cinco años de NEE (-927 gC/m<sup>2</sup>), son ligeramente inferiores a los observados en vides en Italia de -924 gC/m<sup>2</sup> (Gianelle et al., 2015). También se puede observar que la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), no cambia de manera considerable entre los años (1,822-1,965 mm/año), por ejemplo, el 2020 esta fue de 1965 mm/año, el cual fue un año caliente (Cuadro 5), mayor número de días con temperatura superior a 35 °C (147) y UC (5,082), sin embargo, no muy diferente al año 2021 con 1,950 mm/año, el cual presento mayor número de días (196) con 10 ≤ T ≤ 35 °C. Estos valores de ET<sub>o</sub> son ligeramente superiores a los observados por Rodríguez et al. (2010) en el mismo cultivo. Si se revisa el agua aplicada anualmente mediante el riego, se observa un importante cambio de 1,898 mm en 2017 a 1,537 mm en 2021. Esta disminución se pueda atribuir al enterrado de la línea de riego, lo que redujo en alrededor de 300 mm. Observándose que en los

últimos tres años la diferencia se redujo fuertemente, dando valores similares a los reportados por Rodríguez et al. (2010) en el mismo sitio, cuando el riego era rodado. Al revisar el balance hídrico anual ( $BH=Riego+Lluvia-ET$ ), se observa que este varía de 301 a 506 mm, temiendo como promedio 438 mm. Sin embargo, si se ignora la lluvia el valor se reduce de manera importante y el BH anual sería en promedio de +225 mm. Esto podría indicar que sería posible reducir 200 mm de riego, es decir riego medio de 1,432 mm y ET media de 1,427 mm, similar a la lámina evapotranspirada reportada por Rodríguez et al. (2010).

**Cuadro 4. Resumen de flujos anuales en nogal pecanero en la Costa de Hermosillo, México. GPP, Productividad primaria bruta; NEE, Intercambio neto de carbono; ETo, Evapotranspiración de referencia; ET, Evapotranspiración; BH, Balance hídrico.**

Año	GPP (gC/m <sup>2</sup> )	NEE (gC/m <sup>2</sup> )	Eto (mm)	ET (mm)	Riego (mm)	Lluvia (mm)	Balance (mm)	Manejo de Podas
2017	2115.2	-1006.0	1822.3	1650.5	1897.7	204.5	451.7	Lateral
2018	1890.4	-787.6	1905.6	1287.4	1625.6	167.9	506.0	Copa
2019	1994.4	-948.0	1846.3	1419.7	1609.6	271.5	461.0	no poda
2020	2036.2	-939.5	1964.8	1445.0	1593.6	152.7	301.3	poda luz
2021	1912.4	-953.7	1950.2	1334.5	1536.6	267.0	469.1	Copa

**Cuadro 5. Distribución de temperatura por rango y unidad calor (UC) usando como temperatura base 15.5°C y método doble seno (<http://ipm.ucanr.edu/WEATHER/index.html>) en nogal pecanero, Viñas de la Costa, Hermosillo, México.**

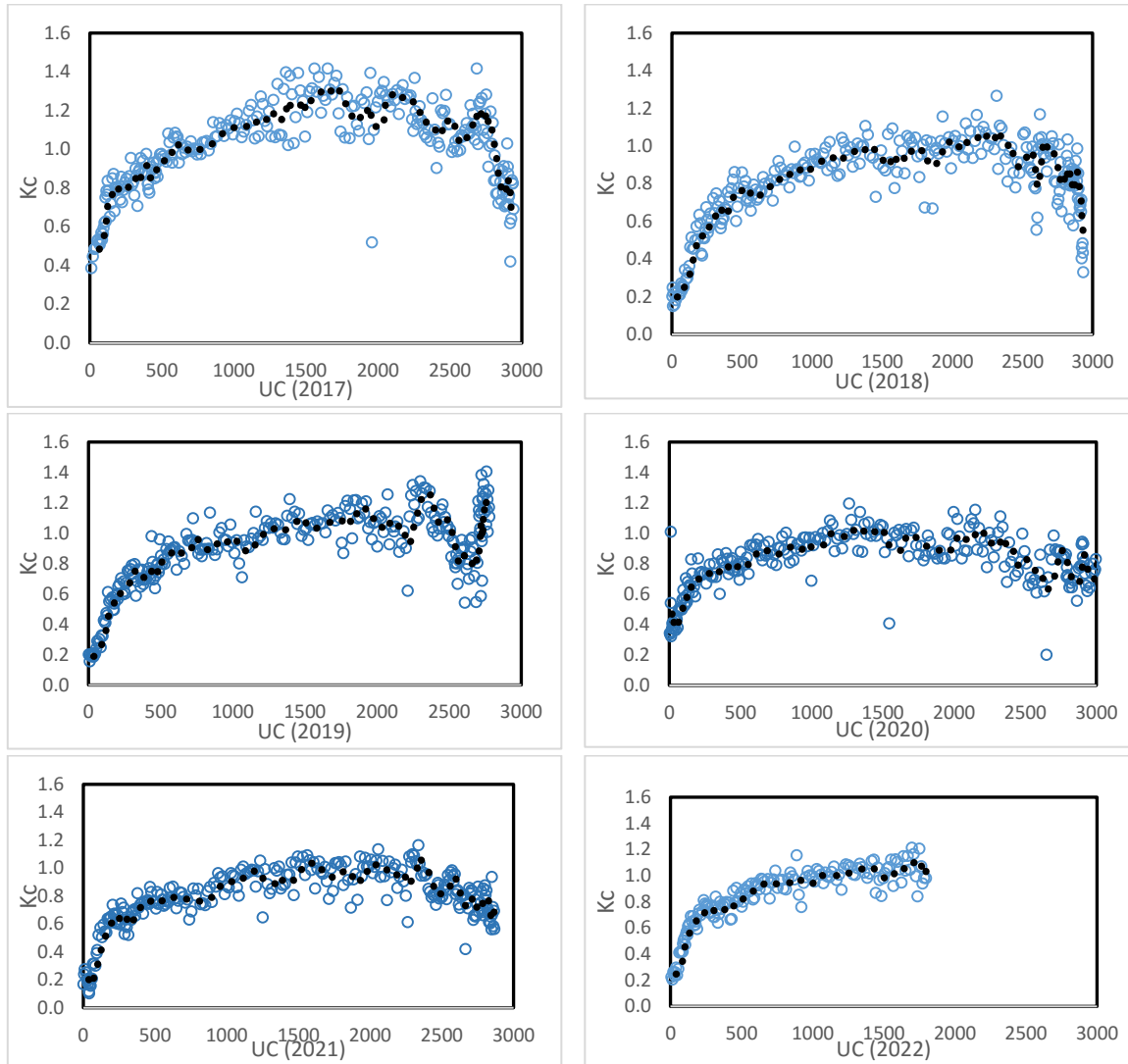
Año	Días	Días	Días	Días	Días	UC	
	T<10	10<T<35	T>35	T>40	T>45	Ene - Dic	15 Mar-15 Dic
2017	73.0	182.0	109.0	1.0	0.0	4959.7	2942.7
2018	66.0	199.0	98.0	4.0	0.0	4951.0	2933.0
2019	63.0	213.0	89.0	14.0	0.0	4798.4	2779.4
2020	90.0	128.0	147.0	10.0	0.0	5082.4	3062.4
2021	83.0	196.0	82.0	1.0	0.0	4887.2	2866.2

**Cuál es el coeficiente de cultivo (Kc) del nogal pecanero?**

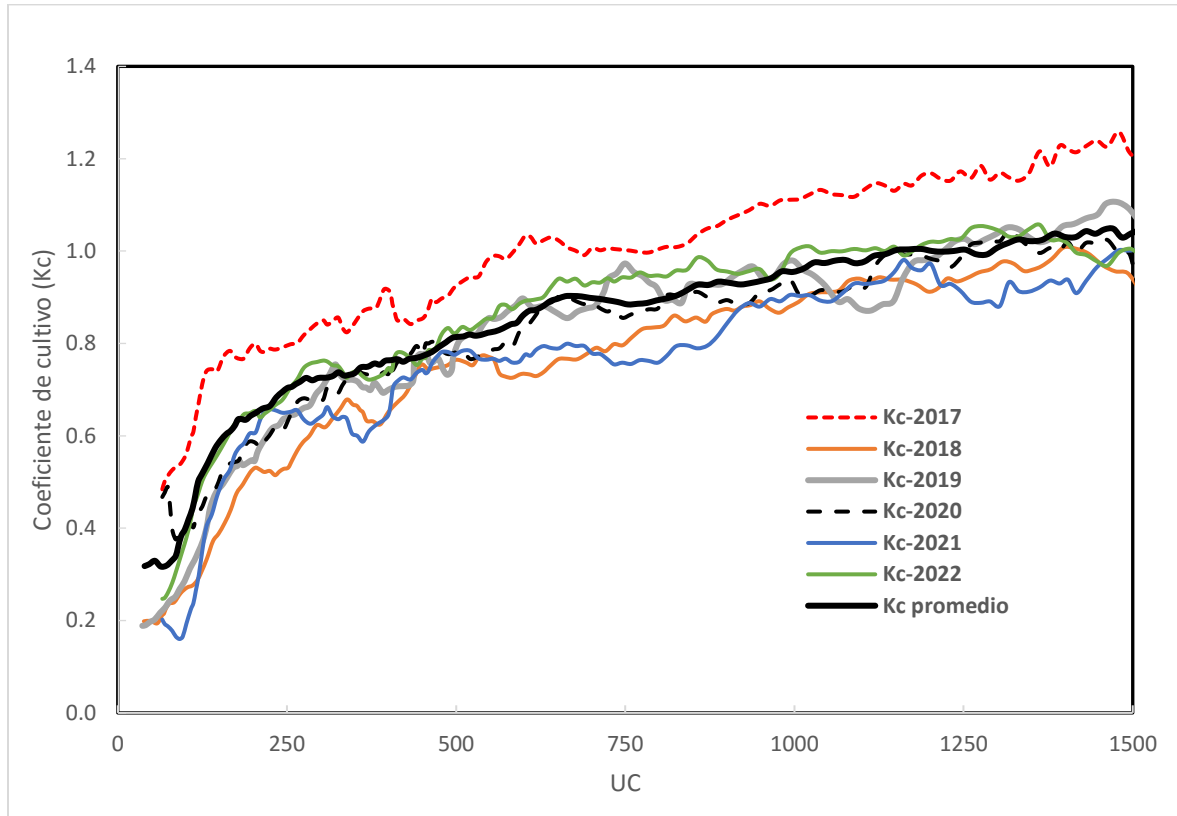
Como fue mencionado en la sección de materiales y métodos, el Kc es una razón de (ET/ETo), conocido Kc simple. El Kc es muy importante para predecir la demanda hídrica del cultivo y la programación del riego. Es importante tener en cuenta que el Kc cambia con el cultivo, manejo y la demanda atmosférica; presentando su valor mínimo previo a la brotación (nogal pecanero en este caso) y su valor máximo, con su máxima cobertura. También, es importante recordar que, que tanto se prolonga su senescencia, pues depende de sus características biológicas y de su manejo final (riego) o precipitación. En general es poco utilizado el Kc dual  $ET_c=ET_o*(K_{cb}+K_e)$ , porque se asume que Ke (evaporación del suelo) tiende a ser mínimo por el tipo de riego (goteo); y mucho menos utilizado el factor Ks (estrés),  $ET=ET_o*(K_{cb}*K_s+K_e)$ , ya también se asume que no hay estrés durante el desarrollo del cultivo y se considera un valor unitario ( $K_s=1$ ).

La figura 6, muestra el Kc y UC a partir del 15 marzo al 15 de diciembre entre los años 2017-2022 (ver Cuadro 5, resumen). En ella se observan curvas donde el Kc tiene un valor inicial diferente, en los años 2017 y 2020, este valor inicio en 0.40 y 0.30 respectivamente. Esto fue debido a la presencia de lluvia al final del invierno, lo que ocasiono presencia de malezas; mientras que, en los años (2018, 2019, 2021 y 2022), de inviernos secos el valor de inicio fue 0.20, similar a los valores observados por Miyamoto (1983), Sammis et al. (2004) y Abudu et al. (2016). El valor de Kc final (al termino de senescencia), su valor varios 0.40 a 1.30, donde el valor mínimo y máximo correspondieron a otoños secos y húmedos respectivamente.

Si se busca reducir o eliminar el efecto de otoños e inviernos húmedos y de las lluvias de verano sobre el Kc, la figura 7, muestra el valor multianual en el rango de 0.0 a 1,500 UC (marzo a julio). En ella se observa que el año 2017, presento los máximo valores de Kc ( $Kc=1.25$ ), por lo consiguiente máxima ET (cuadro 4). Sin embargo, no fue el año de mayor verdosidad (NDVI) y mayor precipitación anual. Esto puede atribuirse a que la línea de riego estaba sobre la superficie y produjo una mayor evaporación del suelo, así como, a la aplicación de una mayor lámina de riego (1,898 mm). Por otro lado, el valor mínimo de Kc ( $Kc<1.0$ ), ocurrió en el año 2021, año de menor ET (1,335 mm) y riego (1,536 mm), aunque la lluvia fue 267 mm, el 36% de ella ocurrió en otoño. Al comparar la evolución de Kc con otros trabajos en nogal pecanero durante primavera en regiones de Norteamérica y África del sur, se observa que los valores de Kc observados en el sitio de estudio, son menores de 1.0 similar a obtenidos por Sammis et al. (2004), y Abudu et al. (2016); mientras que Ibraimo et al. (2016), Miyamoto (1983), y Samani et al. (2011) obtuvieron  $Kc>1.0$ .

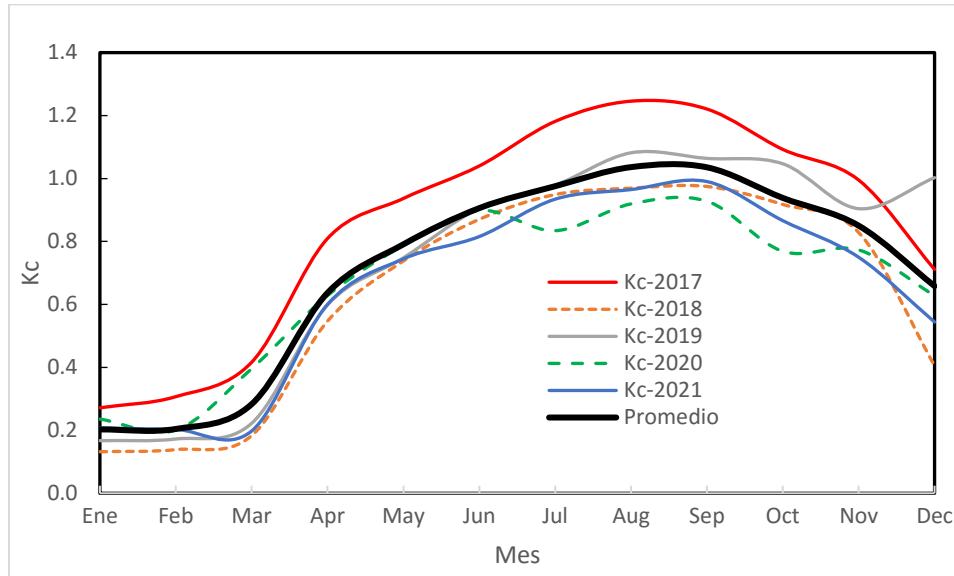


**Figura 6. Coeficiente de cultivo (Kc) y unidades calor (UC) de 2017- 2022, usando como temperatura base 15.5°C, en nogal pecanero, Viñas de la Costa de Hermosillo, México. Círculos negros, interpolado a 7 días, círculos azules dato diario.**



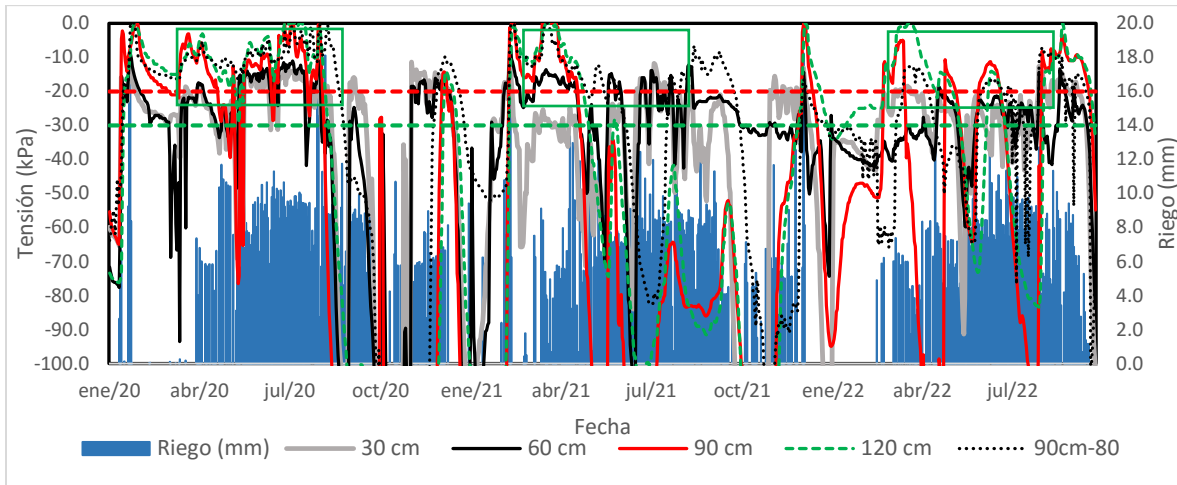
**Figura 7. Coeficiente de cultivo (Kc) y unidades calor (UC) a frecuencia diaria de 2017-2022, usando como temperatura base 15.5°C (Miyamoto, 1983), en el rango de 0.0 a 1500.0 UC, en nogal pecanero, Viñas de la Costa de Hermosillo, México.**

Dado que, los usuarios no utilizan datos diarios de Kc para la planeación del riego y con frecuencia en la literatura es citado mensualmente, la figura 8 muestra su comportamiento entre los años 2017- 2021. Si se continua con la idea de análisis de Kc previo al periodo de lluvias, en ella se observa que, con la excepción de 2017, en el resto de los años el valor de  $Kc < 1.0$ . Los valores máximos de Kc en verano con afectados por la evaporación del agua de lluvia, siendo generalmente mayor, como se observa en Samani et al. (2011) y Sammis et al. (2004), de 1.3 y 1.1, respectivamente.



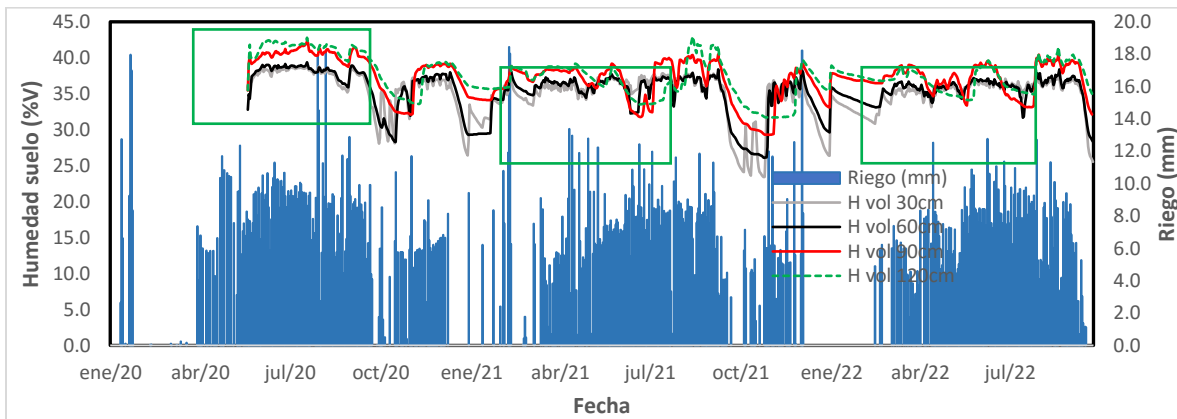
**Figura 8. Coeficiente de cultivo (Kc) a frecuencia mensual de 2017- 2022, en nogal pecanero, Viñas de la Costa de Hermosillo, México.**

Otro aspecto relevante en el manejo del riego en nogal pecanero, ha sido la aplicación de tensiómetros para contribuir a definir la lámina de riego y su frecuencia, adicional al uso de Kc. La figura 9 muestra el comportamiento diario de la tensión de agua en el suelo a diferentes profundidades y el riego. En ella se observa que, durante el periodo comprendido entre el crecimiento del fruto a su madurez, las tensiones son menos negativas (cerca a cero), lo que indica que hay más agua en el suelo, lo cual se corrobora con la mayor frecuencia de la aplicación de agua en el riego. Si se considera el tensiómetro a 60 cm de profundidad como el mejor indicador para definir el frecuencia e intensidad del riego, se puede observar que durante el año 2020, la tensión fue más cercana a cero ( $\psi_s > -15$  kPa), lo que indica mayor agua en el suelo; mientras que en los años 2021 y 2022 fue más negativa ( $\psi_s > -30$  kPa) y mas frecuentes caídas en la tensión por menor lamina o frecuencia de riego. Por otro lado, el sensor colocado a 90cm-80cm (90 cm de profundidad entre dos líneas de riego), es un indicador de la amplitud del bulbo de riego, entonces se observa con frecuencia que sensor tiene valores menos negativos (cerca a cero) que el de 60cm, indicando que el área de influencia de un sensor se traslapa con el otro y por lo tanto mayor humedad. El sensor colocado a 90cm de profundidad, con frecuencia presenta periodos de humedecimiento y secado durante el 2021 y 2022, lo cual indica la dificultad para mantener una tensión constante a esa profundidad. Situación similar ocurre en con el tensiómetro de 120 cm. También se observa durante los tres ciclos de fructificación, el riego de humecimiento al principio de primavera ocasiona que todos los tensiómetros estén cerca de saturación. Finalmente, si se considera que tensiones de -33 a -10 kPa, con el punto de capacidad de campo (CC), Hillel (2003), con frecuencia el suelo se encuentra en este rango, sin embargo, en el año 2020, el suelo tenía más agua de la deseable. Si se considera la propuesta de Valdez et al. (2015), de -30 a -20 kPa, se puede considerar los valores observados en límite superior de CC. Por otro lado, en otros cultivos como aguacate se ha mencionado que los mejores crecimientos del árbol a tensiones de -50 kPa, Shock y Wang (2011).



**Figura 9. Tensión de agua en el suelo y riego a frecuencia diaria, en nogal pecanero, Viñas de la Costa de Hermosillo, México.**

La humedad volumétrica (%V), es una variable poco cuantificada en campo y es afectada por la compactación de suelo al modificar la densidad aparente ( $\rho_a = m_s/v_t$ ). La figura 10 muestra el contenido de agua en el suelo (%V). En ella se observa al igual que en la figura 9, las últimas tres estaciones de fructificación, donde el año 2020 presenta mayor humedad del suelo que los años 2021 y 2022 en todos los estratos estudiados y es consistente con los datos de tensión (figura 9) y la ET (cuadro 4). También se observa que los sensores son sensibles a los cambios en la humedad de suelo por la ausencia o presencia de riego y precipitación, siguiendo el comportamiento similar al mostrado por Janssens et al. (2015) en peral.



**Figura 10. Humedad volumétrica en el suelo y riego a frecuencia diaria, en nogal pecanero, Viñas de la Costa de Hermosillo, México**

### Conclusiones

El nogal pecanero, como cultivo perenne se caracteriza por alta cobertura, biomasa aérea y radicular. Es cultivo se ha adaptado a la parte árida y semiárida del noroeste de México. Dada

su cobertura, en este texto se direcciono, la demanda atmosférica de la región, el riego aplicado, consumo de agua, su capacidad de producción de biomasa y su coeficiente de cultivo. De las diversas aproximaciones a ETo utilizadas y comparadas con la EToFAO56, Har-Sam, el que mejor se aproxima y no presenta grandes diferencias entre los valles revisados. En el caso del riego, se observó que este vario de 1,898 a 1,536 mm/año, donde la mejora en ello fue el enterrado de la línea de riego. En el caso de la evapotranspiración (ET) sucedió algo similar al enterrar la línea de riego, disminuyo de 1,650 (2017) a 1,335 (2021) mm/año, la cual puede ser atribuido al enterrado de la línea de riego y un mejor manejo de la frecuencia y la intensidad, lo cual redujo la lámina en alrededor de 200 a 300 mm/año. También, se observó que el coeficiente de cultivo (Kc), tiende a presentar valores  $Kc < 1.0$ , durante la primavera y superiores durante el verano, debido a la evaporación del agua de lluvia, excepto en el año 2017, del cual presento los máximos valores. Asimismo, se observó que el grupo responsable de la aplicación y manejo del agua, comenzó a tomar en cuenta los tensiómetros, reduciendo ligeramente el exceso de agua sobre la superficie y en el suelo. Otro aspecto relevante, del nogal pecanero fue su gran capacidad de formar biomasa nueva encerca de 2,000 gC/m<sup>2</sup>/año. Finalmente, se puede decir que existe un potencial de reducción de la lámina de riego de 200 a 300 mm/año, sin considerar las portaciones de agua de lluvia, ya que el balance anual promedio de cinco años fue de +435 mm/año, sin considerar la lluvia (200 mm/año).

### **Agradecimientos.**

Los autores de este ensayo desean agradecer al grupo dos triángulos por permitir el uso de sus instalaciones y su apoyo técnico, en el campo Viñas de la Costa, en especial al Gerente general Ing. Esteban Coppel y al encargado de campo José Alfredo López (Maro). Sin ellos no hubiera sido posible realizar y continuar el proyecto a largo plazo de monitoreo de consumo de agua y secuestro de carbono en nogal pecanero. También deseamos agradecer a los patrocinadores, la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AMEXCID) y a su contraparte en Chile (AGCID), por creer en el proyecto “**Incremento de la eficiencia y cuidado del agua mediante experiencia conjunta entre comunidades de Sonora-México y Linares-Chile**” y apoyarlo económicamente. Finalmente, también deseo agradecer las asociaciones de productores y usuarios del agua en los valles de Sonora, en especial a ASUDIR 037, ASUDIR 041, DRRYAQUI y AALPUM, por su tiempo atención en la visita de presentación de resultados del proyecto.

### **Literatura citada**

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration. Guide-lines for Computing Crop Water Requirements. FAO, Rome.
- Abudu S., Z. Sheng, A. Michelsen, O. Rodriguez, J. King. 2016. Evapotranspiration and Crop Coefficient for Pecan Trees in El Paso, Texas. Conference: 2016 Irrigation Show & Education Conference. Las Vegas, NV.
- Arellano, G.M., S. Irmak. 2016. Reference (Potential) Evapotranspiration. I: Comparison of Temperature, Radiation, and Combination-Based Energy Balance Equations in Humid, Subhumid, Arid, Semiarid, and Mediterranean-Type Climates. J. Irrig. Drain Eng., 04015065-1.
- Brown, P. 2010. La defoliación química invernal en nogal pecanero. XI Simposio Internacional de nogal Pecanero, Septiembre 2010, Hermosillo, Sonora.



- Djaman, K., M. O'Neill, L. Diop, A. Bodian, S. Allen, K. Koudahe, y K. Lombard. 2018. Evaluation of the Penman-Monteith and other 34 reference evapotranspiration equations under limited data in a semiarid dry climate. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2624-0>
- Doorenbos J, Pruitt WO .1977. Crop water requirements. Irrigation and Drainage. Paper No. 24 (rev.) FAO, Rome, 144 p.
- Gianelle, D., L. Gristina, A. Pitacco, D. Spano, T. La Mantia, S. Marras, F. Meggio, A. Novara, C. Sirca and M. Sottocornola.2015. The Role of Vineyards in the Carbon Balance Throughout Italy. In Valentini and Miglietta. The Greenhouse Gas Balance of Italy, Environmental Science and Engineering.
- Hatfield, J.L. and C.L. Walthall. 2014. Climate Change: Cropping System Changes and Adaptations in Van Alfen. Encyclopedia of Agriculture and Food Systems.
- Grauke, L. J., B. W. Wood y M. K. Harris, 2016. Crop vulnerability: Carya. Hortscience, 51(6):653-663.
- Hillel, D. 2003. Environmental soil physics. Academic press. New York, USA.
- Ibraimo, N. A, N. J. Taylor, J. Martin Steyn, M. B. Gush, J. G. Annandale. 2016. Estimating water use of mature pecan orchards: A six stage crop growth curve approach. Agricultural Water Management, 177:359–368.
- Janssens, P., J. Diels, J. Vanderborght, F. Elsen, A. Elsen, T. Deckers, H. Vandendriessche. 2015. Numerical calculation of soil water potential in an irrigated 'conference' pear orchard. Agricultural Water Management, 148:113–122.
- Ji, Z.; Pan, Y.; Zhu, X.; Wang, J.; Li, Q. Prediction of Crop Yield Using Phenological Information Extracted from Remote Sensing Vegetation Index. Sensors 2021, 21, 1406. <https://doi.org/10.3390/s21041406>
- Kordi F., H. Yousefi. 2022. Crop classification based on phenology information by using time series of optical and synthetic-aperture radar images. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 27: 100812.
- Miyamoto, S., 1983. Consumptive water use of irrigated pecans. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 108 (5), 676–681.
- Rodriguez, J.C., J. Grageda, C.J. Watts, A. J. Garatuza-Payan, Castellanos-Villegas, J. Rodriguez-Casas, J. Saiz, V. Olavarrieta, 2010, water use by perennial crops on the lower Sonora watershed, Journal of Arid Environment 74:603-610.
- Salvador-Castillo, J. M., M. A. Bolaños-González, J. C. Rodríguez, E. Palacios-Vélez, L. A. Palacios-Sánchez, C. Watts, C. Lizárraga-Celaya, S. Ortega-Farías, S. Er-Raki. 2021. Estimación de la evapotranspiración de un viñedo de uva de mesa (*Vitis vinífera*) con imágenes satelitales SENTINEL-2. Agrociencia, 55(5):369-387.
- Samani, Z., S. Bawazir, R. Skaggs, J. Longworth, A. Piñon, V. Tran. 2011. A simple irrigation scheduling approach for pecans. Agricultural Water Management, 98: 661–664.
- Sammis, T.W., J.G. Mexal, D. Miller. 2004. Evapotranspiration of flood irrigated pecans. J Agric Water Manage 69(3):179–190.
- Shock, C. C. y F. X. Wang. 2011. Soil water tension, a powerfull measurement of productivity and stewardship. Hortscience 46(2): 178-185.
- SIAP, 2020. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>.
- Valdez, G.B. 2015. Agenda técnica agrícola de Sonora. 2da. ed. SAGARPA. México D.F. 317-321p.

- Wells, L. 2015. Irrigation water management for pecans in humid climates. *HortScience*. 50: 1070-1074.
- Zhang, X., M. A.Friedl, C. B.Schaaf, A. H. Strahler, J. C.F.Hodges, F. Gao, B.C.Reed, A. Huete. 2003. Monitoring vegetation phenology using MODIS, *Remote Sensing of Environment*, 84: 471-475.

## **PHOSPHORUS FERTILIZATION IN PECANS**

**Jim Walworth**

University of Arizona

### **Summary**

Most responses to fertigated phosphorus acid were subtle and inconsistent. Whereas leaf P concentrations did increase upon application of P, these increases were small, and not consistently related to phosphoric acid application levels. Analysis of data collected over six seasons suggests that a foliar P level of 0.12 to 0.15% is a reasonable goal for desert-grown pecans. Our data do not support a minimum acceptable leaf P concentration of 0.14% that was suggested by or Smith et al. (2012), and is recommended by most pecan-producing states.

Growth rate of both cultivars, monitored by measuring trunk diameters, responded slightly to applied P, and were generally maximized by addition of 50, 100, or 150 lb/ac of P. Photosynthesis was unaffected by P treatments, but nut yield did increase in response to P fertilization. Nut yields in 2019 increased upon addition of 50, 100, or 150 lb/ac P. In Western trees there was a slight advantage to using the highest (150 lb/ac) P application rate. Nut size increased slightly as P application rate increased.

### **Introduction**

Phosphorus (P) is a plant macronutrient that is essential for numerous critical plant functions. Leaflet analysis is a valuable tool for monitoring the phosphorus status of pecan trees, but accurate standards are needed to evaluate analytical results. The recommended sampling procedure for pecans is to sample the middle pair of leaflets from the compound leaf in the middle of the current season's shoot in late July or early August (in the Southwest US). Smith et al. (2012) suggest that the minimum sufficient leaflet phosphorus concentration for high-input orchards is 0.14%. Most states in the US pecan production zone also recommend maintaining leaflet phosphorus at 0.14% or higher. We surveyed commercial pecan orchards in Arizona and found that trees in high-yielding orchards had foliar phosphorus concentrations ranging from 0.10 to 0.15%, and that the average leaflet pecan concentration of all surveyed orchards was 0.13% P. Published phosphorus sufficiency ranges suggest that many, if not most, Arizona pecan trees contain suboptimal levels of foliar P.

A field study was conducted from 2014 to 2019 to investigate response of newly planted pecan trees to varying rates of P fertilizer, and to re-examine leaflet phosphorus sufficiency levels.

### **Materials and Methods**

Western and Wichita trees were planted in alternating four-row blocks early in 2014, 25' between trees in the row and 30' between rows. Soil analysis at the beginning of the study indicated that the soil contained high levels of free lime, soil pH was 7.5, EC 2.8 dS/m, ESP 5.9%, CEC 34.6 meq/100g, and bicarbonate-extractable (Olsen) P was 10 mg/kg (classified as very low to low).

The orchard was irrigated with micro-sprinklers, with nutrients supplied through surface drip lines. In 2014 and 2015, a single drip irrigation tubing line in the tree row with three emitters per tree spaced 24" apart was used for fertigation. The effective fertigation area for each tree was estimated to be 10' x 10'. Starting in 2016, two drip lines were placed 12 to 36" on either side of

the tree row. Emitters were spaced 24 inches apart along the entire length of the drip line. For 2016 through 2019, the effective fertigation area was 10' x 20'.

Each year, phosphoric acid (0-52-0) was injected into the drip irrigation lines at rates of 0, 50, 100, or 150 lb/ac P (0, 115, 230, or 345 lb/ac of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), with area calculated on the basis of the wetted fertigated area only. In other words, these application rates were based only on the portion of the field irrigated with the drip lines, so the 'per acre' rates were approximately 0, 20, 40, and 60 lb/ac P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in 2014 and 2015; and 0, 60, 120, and 180 lb/ac P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in the other years. In the following discussion, values of phosphoric acid application are expressed as 0, 50, 100, and 150 lb P per irrigated acre.

The experimental design was a randomized complete split-plot design, with five replications. Each plot was an entire tree row, consisting of 37 to 51 trees (the block is not a complete rectangle). The main plots are cultivar (Wichita and Western); the sub-plots are P application rates. Phosphoric acid applications, injected using diaphragm chemical metering pumps, were evenly split among multiple application dates (Table 1).

**Table 1. Phosphorus fertigation dates.**

2014	2015	2016	2017	2018	2019
26-Apr	20-Apr	11-May	3-Apr	12-Apr	4-Apr
6-May	27-Apr	26-May	14-Apr	26-Apr	3-May
11-May	4-May	3-Jun	20-Apr	1-Jul	12-Jun
16-May	11-May	9-Jun	2-May	20-Jul	22-Jul
26-May	18-May	14-Jun	17-May	9-Aug	
31-May	25-May	24-Jun	21-Jun		
4-Jun	1-Jun	6-Jul			
13-Jun	8-Jun				
21-Jun	15-Jun				
29-Jun	22-Jun				
24-Jul	13-Jul				
	20-Jul				
	27-Jul				

Each year, tree leaf samples were collected in late July to early August according to standard sampling protocol and a complete nutrient analysis conducted. Tree trunk diameter at a height of approximately 30" above ground level was measured on 10 trees from each plot when trees were dormant during winter months. Rates of photosynthesis were measured on a subset of five randomly selected trees from each plot on July 16, 2015, August 13, 2016, July 9, 2017, and August 17, 2017 with a LICOR 6400 portable photosynthesis system (LI-COR, Lincoln, NE); and on September 7, 2018 and June 5, 2019 with a LICOR 6800. Photosynthesis was measured on the same trees each year. Leaf samples were collected separately from each measured tree on the same day photosynthesis readings were taken and analyzed for P only. Nut harvest data were collected in 2019.

## Results and Discussion

Foliar P concentrations in Wichita and Western resulting from varying rates of phosphoric acid application show surprisingly little response to P fertilization (Table 2). Average Wichita leaf phosphorus concentrations (averaged over six years) shows that application of either 100 or 150 kg/ac of P increased leaf P from 0.123 in the untreated control plots, to 0.136 and 0.132 in trees receiving 100 or 150 kg/ha of P, respectively. In Western, foliar P ranged from 0.117 in the controls, to 0.123 or 0.124 in trees that received fertigated P, but differences were not statistically significant. Average leaflet phosphorus of both cultivars increased upon addition of 50, 100, or 150 lb/ac phosphorus, but there was no difference between fertilization rates (Table 3).

Foliar phosphorus concentrations varied from year to year, with 2017 values that were lower than in other years, particularly in Western trees. No explanation for this is apparent. Although application dates varied each year, there was nothing obviously different in 2017. In unfertilized trees leaflet phosphorus tended to increase over the duration of the study, from 0.115% in 2014 to 0.134% in 2019 (Table 3). This may be due to expansion of the root system during early tree growth.

Combined average leaflet phosphorus levels of Wichita and Western indicate that application of phosphoric acid increased leaflet phosphorus relative to unfertilized trees (Table 3). There was no difference among the fertigated trees, regardless of phosphorus application rate. Phosphorus fertigation increased leaflet phosphorus less than 0.01%, and the averaged leaflet phosphorus concentrations never exceeded 0.13%. No other plant nutrients were consistently affected by fertigation with phosphoric acid.

**Table 2. Leaflet phosphorus levels in phosphorus fertigated Wichita and Western pecans.**

lb/ac P	Wichita						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Average
0	0.115	0.114	0.126	0.121	0.127	0.134	0.123 B
50	0.130	0.120	0.126	0.126	0.136	0.135	0.129 AB
100	0.133	0.126	0.136	0.125	0.149	0.147	0.136 A
150	0.143	0.122	0.130	0.114	0.135	0.146	0.132 A
	Western						
0	0.115	0.111	0.112	0.103	0.127	0.131	0.117 A
50	0.130	0.120	0.124	0.104	0.130	0.137	0.124 A
100	0.125	0.118	0.122	0.109	0.131	0.135	0.123 A
150	0.133	0.120	0.124	0.105	0.124	0.137	0.124 A

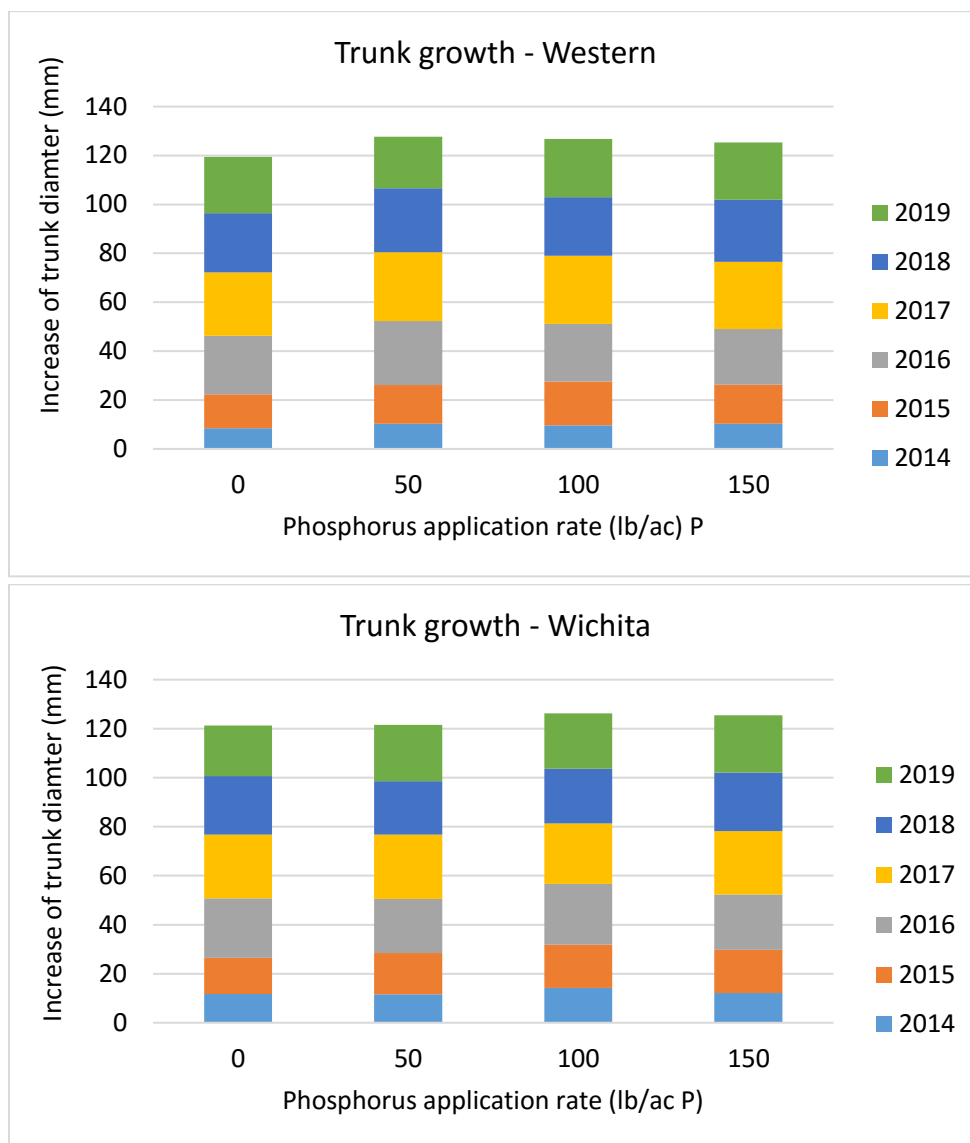
**Table 3. Average leaflet phosphorus of Western and Wichita trees combined.**

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Average
0	0.115	0.114	0.126	0.121	0.127	0.134	0.120 B
50	0.130	0.120	0.126	0.126	0.136	0.135	0.126 A
100	0.133	0.126	0.136	0.125	0.149	0.147	0.130 A
150	0.143	0.122	0.130	0.114	0.135	0.146	0.127 A

Over the six years of this study, 240 whole plot leaf P measurements were conducted. Leaf P in these samples ranged from 0.087 to 0.169% (note: this refers to individual plot values, as opposed to the treatment averages shown in Tables 2 and 3). The average P concentration of all samples was 0.126%. Using the method of Kenworthy (1961) based on population statistics, we determined that a normal range for leaf P is 0.12 to 0.15%. Based on these analyses, we suggest that 0.12% be considered an acceptable minimum leaflet phosphorus level for pecans.

Photosynthesis rates were measured on six dates from 2015 through 2019 and coupled with leaf P concentrations for each tree to evaluate the relationship between leaf P and photosynthetic activity. No relationship between these two parameters was observed (data not shown), suggesting that photosynthesis was not limited by leaf P, nor was it increased by elevating leaf P.

Tree growth was monitored by determining year-to-year differences in annual dormant-season measurements of trunk diameter (Figure 1). Growth of Western increased slightly with addition of 50 lb/ac of P, whereas Wichita growth was slightly higher in trees receiving 100 lb/ac P than the unfertilized trees. The difference between fertilized and unfertilized trees was small (roughly 6 mm greater cumulative increase in diameter over six years).



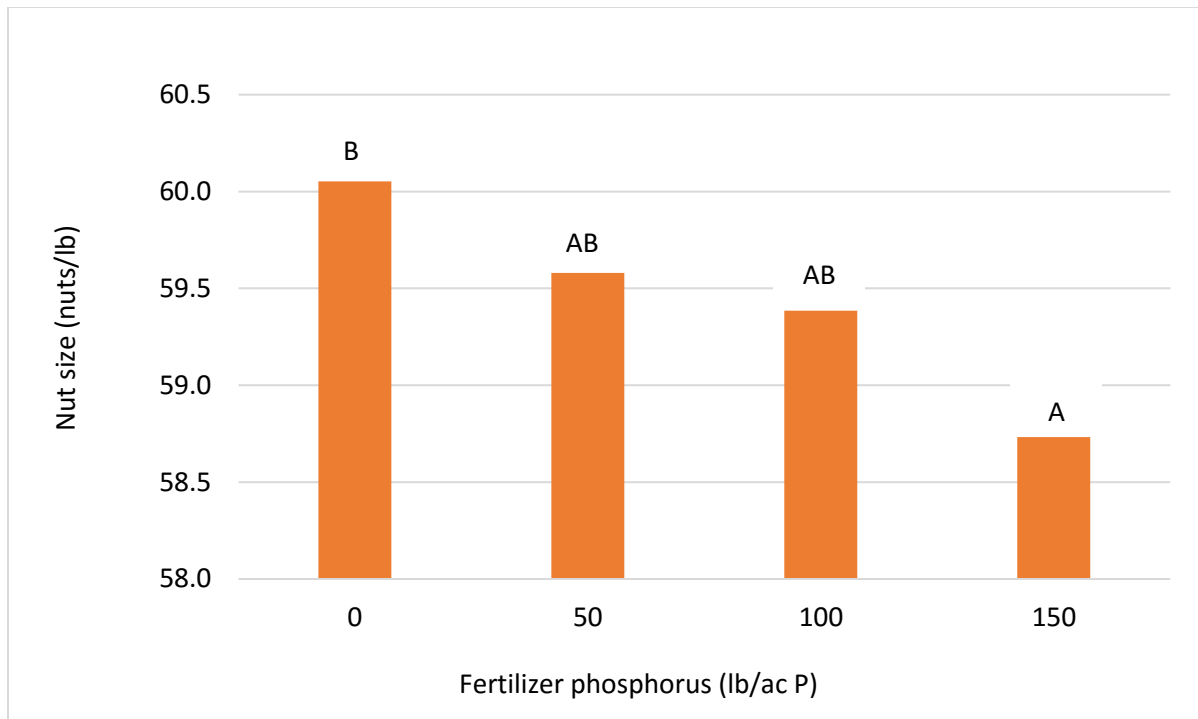
**Figure 1. Annual trunk diameter growth of Western (top) and Wichita (bottom) fertigated with varying levels of phosphoric acid.**

Nuts were harvested in 2019. Both Wichita and Western cultivars responded positively to fertigated P in 2019 (Table 4). Yields of Western increased when 50, 100, or 150 lb/ac of P was supplied. Trees receiving 150 lb/ac of P produced the greatest yield, and this was significantly better than 100 lb/ac P, but not better than the 50 lb/ac rate. Wichita nut yields were also enhanced by P application. Those trees supplied with 50, 100, or 150 lb/ac P out-yielded unfertilized trees. There were no differences in Wichita nut production between trees receiving 50, 100, or 150 lb/ac of phosphorus.

Nut size increased slightly as phosphorus fertilization rate was increased (Figure 2). The difference between the unfertilized trees and those receiving 150 lb/ac of phosphorus was significant.

**Table 4. In-shell nut yield (lb/ac) in 2019 of Wichita and Western pecans fertigated with varying levels of phosphoric acid. Yield values in each column followed by different letters are statistically different.**

lb/ac P	Western	Wichita
	Nut yield (lb/ac)	
0	1324 C	852 B
50	1654 AB	1119 A
100	1613 B	1050 A
150	1811 A	1112 A



**Figure 2. Nut size (nuts/lb) resulting from addition of various rates of phosphorus (Western and Wichita combined).**

**References**

Kenworthy, A.L. 1961. Interpreting the Balance of Nutrient-Elements in Leaves of Fruit Trees. Pp. 28 – 43. In: W. Reuther (ed.), Plant Analysis and Fertilizer Problems. Amer. Inst. Biol. Sci., Pub. No. 8, Washington, D.C.

Smith, M.W., C.T. Rohla, and W.D. Goff. 2012. Pecan Leaf Elemental Sufficiency Ranges and Fertilizer Recommendation. HortTech. 22(5):594-599.



La presente publicación se terminó de imprimir el mes de noviembre de 2022 en las instalaciones del Campo Experimental Costa de Hermosillo del INIFAP. Pascual Encinas Félix No. 72. Col. La Manga. Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83220  
Tel. (55) 3871-8700 Ext. 81339. E-mail: [cecostahermosillo@inifap.gob.mx](mailto:cecostahermosillo@inifap.gob.mx)

Tiraje: 500 ejemplares

La serie de Memoria Científica son publicaciones integradas con información transferida en eventos científicos como simposios, congresos y reuniones, cuyo objetivo es presentar información sobre los cultivos, en los cuales el INIFAP-CIRNO a través del Campo Experimental Costa de Hermosillo realiza investigación así como de otras fuentes generadoras, con el fin de apoyar a los productores de esta región agrícola del estado de Sonora.

## **COMITÉ EDITORIAL**

### **Presidente**

M.C. Teodoro Cervantes Mendivil

### **Secretario**

Ing. Luis A. Maldonado Navarro

### **Vocales**

M.I. Fabián Robles Contreras

M.C. José Grageda Grageda

M.C. Miguel Ángel Zapata Moreno

El presente documento fue revisado y autorizado para su publicación por el Grupo Colegiado Científico Técnico del CECH integrado por las siguientes personas:

### **Presidente**

M.C. José Grageda Grageda

### **Secretario**

M.C. Teodoro Cervantes Mendivil

### **Vocales**

M.C. Miguel Ángel Zapata Moreno

M.C. Karla Guadalupe Domínguez Canizales

M.Sc. Pedro Francisco Ortega Murrieta

Dra. Ana Aurora Fontes Puebla

En el proceso editorial de la presente memoria participaron las siguientes personas:

### **Compilación y Edición**

MSc. Fernando Afonso Vieira de Figueiredo

Dr. Jesús Humberto Núñez Moreno

MSc. Pedro Francisco Ortega Murrieta

### **Diseño de portada e Interiores**

José Benito Montaña Dórame

Campo Experimental Costa de Hermosillo (INIFAP)  
Pascual Encinas Félix No. 72 • Colonia La Manga • Hermosillo, Sonora.  
C.P. 83220 • Tel.: (55) 3871-8700 Ext. 81339. E-mail: cecostahermosillo@inifap.gob.mx

[www.gob.mx/inifap](http://www.gob.mx/inifap)

El desarrollo del evento así como la impresión de esta memoria científica se realizó con el apoyo de:

