

Aplicación web para el pronóstico fenológico de los gusanos barrenador del ruezno *Cydia caryana*, (Lepidoptera: Tortricidae) y barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella*, (Lepidoptera: Pyralidae), plagas del nogal pecanero en Chihuahua.

Web application for phenological forecasting of the hickory shuckworm, *Cydia caryana* (Lepidoptera: Tortricidae) and pecan nut casebearer, *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae), pest of pecan nut in Chihuahua.

Chávez-Sánchez, Noé¹, González-Jasso Luis, Antonio² y Corrales-Suategui, Arturo²

¹ INIFAP Campo Experimental Delicias, Km 2.0 Carretera Delicias-Rosales C.P.33000.

² INIFAP Campo Experimental Pabellón de Arteaga, km 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas C.P. 20660.

*Autor para correspondencia: noechavez@prodigy.net.mx

RESUMEN

Chihuahua es el principal estado productor de nuez en México, produce el 60% de la nuez del país, el barrenador del ruezno es la plaga más importante del fruto durante el crecimiento y llenado de la nuez, el gusano barrenador de la nuez es la plaga más importante distribuida en el norte de México y sur de Estados Unidos. Se creó el Centro de Datos Hidrometeorológicos del Estado de Chihuahua, mediante la integración de una red de estaciones agrometeorológicas e hidrométricas automatizadas, se instaló la unidad central y se configuró una base de datos sobre el motor SQL Server, la cual contiene información meteorológica en tiempo real e histórica, conectada a un servidor web en internet para permitir el acceso a información y aplicaciones, para consultas de los usuarios; además se programaron modelos de pronóstico fenológico de plagas de los principales cultivos en el estado, entre ellas el gusano barrenador del ruezno y gusano barrenador de la nuez. Dentro del programa del modelo se realiza el registro de palomillas atrapadas en trampas con feromona de cada plaga, caracterizadas por huerta y sección, se reporta la dinámica de población en una gráfica y tabla, información que permite definir el biofix y determinar si se alcanzan los umbrales de población para definir su control. Los modelos fenológicos se basan en los requerimientos específicos de GDD de cada fase de desarrollo, para realizar el proceso se enlazan a la base de datos meteorológicos para consultar información de la estación climatológica más cercana a la huerta. La estimación del biofix permite definir el inicio de la acumulación de GDD para aplicar el modelo de pronóstico fenológico y estimar en forma precisa el tiempo de manifestación de cada uno de los eventos de fenología de los insectos modelados.

Palabras clave: Internet, GDD, modelos, programación.

ABSTRACT

Chihuahua is the main pecan nut producing state in México, it produces 60% of the country's pecan nuts, the hickory shuckworm is the most important pest of the fruit during the growth and filling of the nut, the pecan nut casebearer is the most important pest distributed in northern México and the southern United States. The hydrometeorological Data Center of the Chihuahua State was created, through the integration of a network of automated agrometeorological and hydrometric station, the central unit was installed and a database was configured on the SQL Server engine, which contains real-time and historical weather information, connected to web server on the internet to allow access to information and applications for user consultation; in addition, phenological forecast models for pest of the main crops in the state were programmed, including the hickory shuckworm and hickory shuckworm. Within the model, a record is made of moths trapped in traps with pheromone of each pest, characterized by orchard and section, the dynamics of the population is reported in a graph and table, information that allow defining the biofix and determining if the population thresholds are reached to define its control. The phenological models are based on the specific GDD requirements of each



development phase. To carry the process, they are linked to meteorological database to consult information from the weather station closest to the orchard. Biofix estimation allows defining the start of GDD accumulation to apply the phenological forecast model and accurately estimate the time of manifestation of each of the phenology events of the modeled insects.

Keywords: (Internet, GDD, models, programming).

INTRODUCCIÓN

En México se cultivan 164,771 ha de nogal, de las cuales se encuentran en producción 119,087 ha que producen 165,379 ton de nuez por año, con una producción media de 1.39 ton/ha; en Chihuahua se cultivan 104,088 ha y se encuentran en producción 73,440 donde se producen 100,206 ton, lo cual representa un 63.17, 61.67 y 60.59% de la superficie cultivada, en producción y la producción a nivel nacional, respectivamente, con un rendimiento unitario de 1.36 ton/ha (SIAP, 2023).

El potencial de rendimiento del nogal en el estado de Chihuahua es limitado por varios factores, entre los que se puede mencionar a la reducida disponibilidad de agua, considerando tanto la cantidad como la calidad, ya que frecuentemente el agua de bombeo de pozos profundos presentan una alta concentración de sales y sodio, también son frecuentes las deficiencias nutrimentales de nitrógeno, zinc, fierro y cobre, así como la incidencia de plagas como el gusano barrenador de la nuez, gusano barrenador del ruezno, pulgones amarillos, pulgones negros y chinches.

En Chihuahua, el barrenador del ruezno *Cydia caryana* (Fitch), (Lepidoptera: Tortricidae), es la plaga más importante del fruto durante el crecimiento y llenado de la nuez. Esta plaga se ha identificado desde 1940 en el Valle de Allende, de donde se ha diseminado al norte del estado (Valdés, 1983). Actualmente se encuentra en las zonas productoras de nuez de México y Estados Unidos de Norteamérica (McVay y Estes, 1989; Reid, 2002). La larva se alimenta de nueces en desarrollo a principios de verano, cuando es infectada antes del endurecimiento de cascara la larva penetra al interior de la nuez para alimentarse causando el aborto del fruto (McVay y Estes, 1989); cuando se presenta después del endurecimiento de cascara, la larva se alimenta por minar el ruezno, donde resultan varios tipos de daño como inapropiado desarrollo de la almendra, cicatrices y decoloración de la almendra, adherencia del ruezno a la nuez madura e impidiendo su apertura (Payne y Heaton, 1975), también al perforar el ruezno se dañan los tejidos vasculares

que alimentan de carbohidratos a la nuez para su llenado, por lo que se afecta el desarrollo y calidad de la nuez (Calcote et al. 1984).

El gusano barrenador de la nuez *Acrobasis nuxvorella* (Neunzing) (Lepidoptera: Pyralidae) es la plaga más importante distribuida en el Norte de México y Sur de Estados Unidos (Harris, 2008; Fu et al. 2013). En los estados de Chihuahua, Sonora, Nuevo León y Durango, es considerado como la plaga clave del nogal (Nava y Ramírez, 2002), ya que se alimenta de frutos, desde recién polinizados, en crecimiento y en llenado de almendra, la generación de esta plaga que ataca en la fase de pospolinización es la que tiene mayor impacto y es el momento clave para su control (Knutson y Muegge, 2010). Cuando esta plaga no es controlada apropiadamente, los daños pueden alcanzar hasta un 40% (Nava y Ramírez, 2002).

La incidencia de insectos plaga en los cultivos es determinada por la presencia del organismo y las condiciones ambientales favorables para su desarrollo, por lo que su grado de afectación es regulado por las condiciones climáticas en la estación de crecimiento de la plaga y el cultivo hospedero.

Los insectos se adaptan a un rango de temperatura particular, frecuentemente es el factor del medio ambiente que influye en la población y su distribución. En general dentro de rangos óptimos de desarrollo, cuando la temperatura ambiental decrece, las proporciones de desarrollo bajan y cesan a una determinada temperatura mínima, llamada temperatura base; cuando la temperatura se incrementa, las tasas de crecimiento se incrementan hasta una temperatura óptima, posteriormente a mayor temperatura el crecimiento disminuye de nuevo y eventualmente cesa a una temperatura máxima, llamada umbral máximo, (Damos y Savopoulou, 2012), considerando este comportamiento se define la temperatura base y el umbral máximo para cada especie (Wagner et al. 1984).

Se realizan estudios regionales para cada plaga y los cultivos hospederos con el objetivo de determinar la relación directa entre temperatura y proporción de crecimiento para estimar los parámetros vitales de



desarrollo nombrados constantes térmicas, las cuales se cuantifican en el rango de la temperatura base y la temperatura umbral máxima. La constante térmica es expresada como la cantidad de grados día de desarrollo (GDD), se considera una medida alterna del tiempo fisiológico requerido para completar el proceso del evento en cada fase de desarrollo de un organismo, y es más precisa en comparación con el tiempo calendario (Higley et al. 1986; Taylor, 1981). En base a este criterio se han definido las constantes térmicas del gusano barrenador de la nuez por Ring y Harris, (1983), Aguirre y Harris (1986), Fu, (2005); para el gusano barrenador del ruezno por Flores (1989).

Un componente clave en el desarrollo de estrategias para la aplicación del criterio del manejo integrado de plagas (MIP), es el estudio y comprensión de los patrones de emergencia y fenología de plagas en el campo, por lo que el desarrollo de modelos de pronóstico en base a unidades calor y las trampas de feromona constituyen un criterio integral para definir el momento oportuno para la aspersión de plaguicidas (Damos et al. 2018), y usar en forma coordinada múltiples tácticas para optimizar el control de plagas de una manera ecológica y económicamente redituable, de esta forma recientemente se usan compuestos biorracionales, incluyendo reguladores del crecimiento de insectos y bioinsecticidas, los cuales son efectivos solo en determinadas fases de desarrollo donde es vulnerable la plaga, para que sean efectivo como lo describe Ehler, (2006).

Con el uso de trampas con feromona propia para cada uno de los lepidópteros plaga como gusano barrenador de la nuez y gusano barrenador del ruezno, al graficar la cantidad de palomillas atrapadas a través del tiempo, se determina el establecimiento consistente de los adultos de la primer generación y permite definir los umbrales para su control, así como definir el "Biofix", que se define cuando se obtiene el máximo de captura de palomillas y esa fecha es la referencia para iniciar la acumulación de Grados Día de Desarrollo (GDD) y aplicar los modelos de pronóstico de la fenología del insecto. El uso de biofix para definir el establecimiento de la plaga ha proporcionado un criterio muy efectivo para iniciar los modelos de pronóstico en gusano barrenador de la nuez (Knutson y Muegge, 2010), en el gusano barrenador del ruezno (Flores, 1989).

MATERIALES Y MÉTODOS

Biología y constantes térmicas.

El gusano barrenador del ruezno hiberna como larva completamente desarrollada en la cascara de las nueces que quedan adheridas al árbol o las que caen (Valdés, 1978). La pupación se presenta a finales del invierno y principios de primavera y emerge como adulto durante la primavera y verano (Payne y Heaton, 1975). Se ha definido como temperatura base 12 °C, al determinar los GDD necesarios para completar el ciclo biológico de esta plaga, estimadas con diferentes temperaturas base en condiciones de campo (Flores, 1989); al definir la temperatura base, este mismo autor estimó que una vez establecida la población de adultos se requiere la acumulación de 56 GDD, para que las hembras inicien la oviposición, posteriormente la oviposición se presenta durante la acumulación de 45 GDD, después de la acumulación de 65 GDD se presenta la incubación del huevecillo, luego emerge una pequeña larva que trata de penetrar al fruto, para esta fase se requiere de la acumulación de 67 GDD, posteriormente una vez que la larva ha penetrado al fruto, se requiere de la acumulación de 410 GDD para que emerja como adulto; de esta forma para el ciclo de vida de esta plaga se requiere de la acumulación de 643 GDD, desde la fase de adulto-adulto.

El gusano barrenador de la nuez hiberna como larva parcialmente desarrollada dentro de un cocón de seda llamado hibernáculo, ubicado generalmente en la base de las yemas primaria de los brotes del año, dicha larva hibernante sale al comenzar la brotación del nogal a finales de marzo para alimentarse de las yemas dormantes durante 2 o 3 días, después la plaga barrena y penetra al brote, luego pupa en el brote a mediados de abril, de aquí emergen palomillas de la generación de primavera desde finales de abril a mediados de mayo, luego inicia la oviposición de donde salen larvas que se alimentan de yemas y nuececillas que inician su crecimiento y se consumen su interior (Aguirre y Harris, 1986; Nava y Ramírez, 2002).

El efecto de la temperatura tiene una fuerte influencia el desarrollo del gusano barrenador de la nuez, considerando varias temperaturas base y fechas de inicio de acumulación de GDD, se definió como temperatura base 3.3 °C (Ring y Harris, 1983), la



acumulación de GDD debe iniciarse definiendo el biofix a partir del pico de palomillas atrapadas en la trampa con feromona (Knutson y Muegge, 2010). Una vez establecida la población de adultos del gusano barrenador de la nuez, se requiere la acumulación de 55 GDD, para que las hembras inicien la oviposición, posteriormente la oviposición se presenta durante la acumulación de 100 GDD, luego emerge una pequeña larva que trata de penetrar al fruto, para esta fase se requiere de la acumulación de 539 GDD, posteriormente una vez que la larva ha penetrado al fruto, se requiere de la acumulación de 213 GDD para que emerja como adulto; de esta forma para el ciclo de vida de esta plaga se requiere de la acumulación de 907 GDD, desde la fase de adulto.

Centro de datos hidrometeorológicos de Chihuahua.

Con el objetivo de consolidar una red de estaciones agrometeorológicas automatizadas que permita el registro continuo de variables meteorológicas para integrar una base de datos que proporcione información meteorológica en tiempo real e histórica para definir estrategias y prácticas de producción en las actividades del sector agrícola, pecuario, forestal, pesquero y del medio ambiente, se estructuró una base de datos de información meteorológica del Centro de Datos Hidrometeorológicos del Estado de Chihuahua. Se realizó la instalación y configuración del sistema operativo, se configuró una base de datos de la unidad central sobre el motor SQL Server, la cual contiene información meteorológica que se conecta con un servidor web en internet para brindar el acceso a información y consultas de los usuarios, se programó un software propio; así mismo se crearon programas de aplicaciones web para alertas fitosanitarias, pronóstico de heladas, aplicaciones en dispositivos móviles para el manejo del riego en tiempo real.

Estructura del programa: aplicación web para el pronóstico de los gusanos barrenador del ruezno y barrenador de la nuez.

Se construyó un portal en internet donde se programó los modelos de pronóstico del desarrollo de plagas y enfermedades, utilizando la información de la base de datos de información meteorológica del Centro de Datos Hidrometeorológicos del Estado de Chihuahua.

En el portal se tiene el menú para seleccionar por cultivo, la plaga o enfermedad que se desea pronosticar; se incluye la opción de trapeo, lo cual permite registrar las capturas de palomillas en las trampas con feromona de cada una de las plagas formando una base de datos caracterizada por huerta, sección, plaga y fecha de muestreo, de tal forma que se tiene un registro detallado; al consultar los registros se muestra en forma gráfica la dinámica de la plaga y una tabla con las capturas de cada muestreo y su acumulación. Los modelos de pronóstico se basan en el cálculo de la acumulación de unidades calor a partir de la fecha definida por el Biofix, determinado usando la gráfica de la dinámica de palomillas de la primera generación, atrapadas en la trampa de feromonas, la cual se despliega por la aplicación en la opción de consultas en la sección de trapeo. Para el cálculo de las unidades calor se debe considerar la información de la estación climatológica más cercana al sitio de cultivo, para ello existen las opciones de seleccionar la estación climatológica por su nombre o identificarla en el mapa de Chihuahua, que aparece en el menú. Por otra parte, se dejó abierto el periodo de pronóstico, donde la fecha de inicio del conteo (fecha inicial del periodo a pronosticar), corresponde a la fecha del Biofix, para que sea más objetiva la estimación para el microclima propio de cada lote de cultivo y la fecha final del conteo (fecha límite del periodo de pronóstico), comúnmente corresponde a la fecha de consulta u otra fecha que se desee. El algoritmo de la aplicación consiste en las siguientes fases: **a:** de la base de datos de información meteorológica del Centro de Datos Hidrometeorológicos del Estado de Chihuahua, se consulta de la temperatura de cada 15 minutos de la estación climatológica seleccionada, **b:** estimación de los GDD dentro de los umbrales de temperatura base y umbral máximo, **c:** acumulación de los GDD y la definición de llegada a cada evento de las fases fenológicas del insecto a pronosticar, **d:** construcción de un archivo que incluye la fecha, GDD y días naturales requeridos para alcanzar los eventos fenológicos de cada generación, **e:** generación de los resultados en forma gráfica y de tablas de esta información, para el periodo solicitado de análisis. Este algoritmo se programó en el ambiente de desarrollo web: Punto Net Framework en el lenguaje de programación C#, las aplicaciones se pueden consultar en la página: <https://secrural.chihuahua.gob.mx/sdr>

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar el pronóstico en primer, lugar se debe considerar la dinámica de palomillas de insectos adultos a través registrar la cantidad de palomillas atrapadas en las trampas con la feromona correspondiente de cada una de las plagas, en la figura 1, se muestra la portada de la página web con las diferentes opciones, entre ellas alertas fitosanitarias con las opciones por cultivo y el trapeo con las diferentes opciones de huerta, sección y registros, edición y consulta.



Figura 1. Portada de la página web, opciones y el menú del alertas fitosanitarias.

Después de registrar las palomillas atrapadas en trampas de feromona de gusano barrenador del ruezno de una huerta de la región de Delicias Chih., en el año 2024, en la figura 2, se muestra la gráfica de la dinámica de captura, obtenida de la aplicación.



Figura 2. Dinámica de capturas del gusano barrenador del ruezno en una huerta en 2024.

En la gráfica de la figura 2, se puede observar que existen dos generaciones del gusano barrenador del ruezno, la primera es la generación hibernante que tiene el máximo el 20 de julio y es de menor magnitud que la segunda generación que tiene su máximo el 7 de septiembre, por lo que para realizar el pronóstico se toma como biofix a la fecha del 20 de julio.

En la figura 3, se muestra el menú de opciones de alertas fitosanitarias para nogal, la opción gusano barrenador del ruezno con mapa con las estaciones climatológicas automatizadas que se encuentran en la red, donde se selecciona la estación “El Indio”, que es la más cercana a la ubicación de la huerta.



Figura 3. Menú de alertas fitosanitarias en nogal y mapa de estaciones climatológicas en la red.

Al seleccionar la estación, aparece el menú para definir el periodo de análisis donde se considera como fecha de inicio de conteo a la fecha 20 de julio que se definió como biofix, y fecha final de conteo se considero hasta el 20 de septiembre que es cuando la nuez llegó a la maduras, como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Selección de estación y periodo de análisis.

Los resultados del análisis se muestran en una gráfica de barras, donde se representa cada fase de desarrollo de diferente color en cada barra, para cada generación, como se muestra en la figura 5, adicionalmente se reporta la manifestación de cada fase de desarrollo en base a días naturales en forma gráfica y en una tabla se expresa el requerimiento tanto días como en GDD, para cada fase de desarrollo, para cada generación.



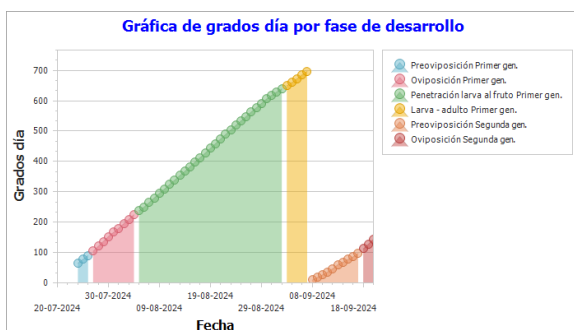


Figura 5. Gráfica del pronóstico, que muestra la acumulación de GDD para cada fase fenológica por generación.

En base a los resultados se observa que la primer generación inicia la oviposición a partir del 28 de julio y se manifiestan las primeras fases de larvas, a partir del cinco de agosto, momento en que deben implementarse estrategias de manejo integrado para su control, considerando el uso de reguladores del crecimiento y productos biorracionales, como lo recomienda, Ehler (2006). En esta huerta no se realizó el control de la plaga, por lo que esta generación continuo con su ciclo de vida, como se puede observar en la dinámica de palomillas atrapadas en la trampa de feromona, mostrada en la figura 2, donde se desarrolló completamente la primer generación y aparecieron adultos a partir de los primeros de septiembre y se obtiene la mayor densidad el siete de septiembre; por otra parte el pronóstico coincide completamente, en la figura 5 se puede observar que la primer generación del gusano barrenador del ruezno llegó a adulto, del tres al siete de septiembre y se inició una nueva generación con oviposiciones a partir del 18 de septiembre, aunque ya tarde de la temporada cuando la nuez ya maduró y no existe riesgo de daño, sin embargo debió de haberse evitado que el insecto llegue a fases de larvas que es la forma en que hibernan y se establezca una densa población en el próximo ciclo de cultivo.

El modelo de pronóstico fenológico del gusano barrenador de la nuez tiene la misma estructura descrita para el barrenador del ruezno, en la figura 6, se muestra el resultado del pronóstico para gusano barrenador de la nuez donde se definió el biofix el tres de mayo de 2024, donde se manifiesta la presencia de larvas del 2 al 10 de junio, momento donde se realiza el control con reguladores del crecimiento y se detiene el desarrollo de esta plaga durante el ciclo de cultivo.

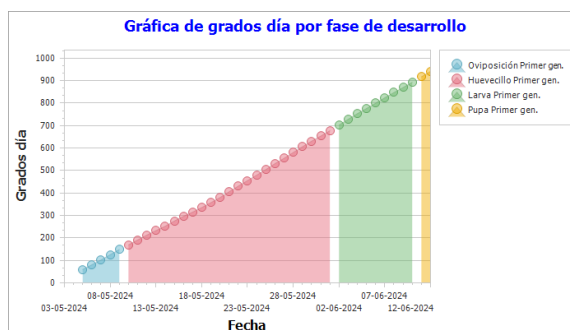


Figura 6. Gráfica del pronóstico del gusano barrenador de la nuez, que muestra la acumulación de GDD para cada fase fenológica.

La información de la dinámica de adultos atrapados en las trampas con feromona, permiten definir si se alcanzaron los umbrales y si es necesaria la aplicación de insecticidas para su control, también permite definir el biofix para aplicar el modelo de pronóstico fenológico y realizar oportunamente el control de la plaga, (Wall, 1989; Ring et al. 1989).

De acuerdo a los resultados obtenidos del modelo de pronóstico fenológico en base a GDD, se observa que al integrarse con la información de la dinámica poblacional y las observaciones de campo sobre niveles de incidencia y grados de daño permiten definir estrategias de manejo muy efectivas para el manejo integrado de los gusanos barrenador de la nuez y barrenador del ruezno, como lo recomiendan Ring et al. (1989).

CONCLUSIONES

La dinámica de palomillas atrapadas en trampas con feromona, permite estimar si se alcanzaron los umbrales y decidir si es necesaria la aplicación de insecticidas para el control de las plagas, por otra parte, permite definir el biofix.

La estimación del biofix permite definir el inicio de la acumulación de GDD para aplicar el modelo de pronóstico fenológico y estimar en forma precisa el tiempo de manifestación de cada uno de los eventos de fenología de los insectos modelados.

La aplicación web sobre alertas fitosanitaria y su enlace con base de datos de información meteorológica del Centro de Datos Hidrometeorológicos del Estado de Chihuahua, permite realizar en forma amigable con los usuarios el pronóstico fenológico de plagas.



La integración de observaciones de campo sobre niveles de incidencia y grados de daño, pronóstico de la fenología de insectos plaga y la dinámica poblacional son herramientas efectivas para definir estrategias efectivas para el manejo integrado de plagas.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, A. L. and M. K. Harris. (1986). Predicting Biological Events of the Pecan Nut Casebearer Using a Degree-Day Model I Coahuila, México. *The Southwestern Entomologist*. 11(4):263-268.
- Calcote, V. R., Hunter, R. E., & Thompson, T. E. (1984). Nutrient flow through the pecan shuck into the nut and disruption of this flow by hickory shuckworm larvae [*Cydia caryana*]. In: *Proceedings of the Annual Convention Southeast Pecan Growers Association*. 77:61-69.
- Damos, P. and Savopoulou-Soltani, M.(2012). Temperature-driven models for insect development and vital thermal requirements. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012(1):123405.doi.org/10.1155/2012/123405.
- Damos, P. T., N. A. Kouloussis, D. S. Koveos. (2018). A degree-day phenological model for *Cydia pomonella* and its validation in a Mediterranean climate. *Bulletin of Insectology*. 71(1):131-142.
- Ehler, L. E. (2006). Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. *Pest management science*. 62(9):787-789. doi.org/10.1002/ps.1247.
- Flores, M. A. (1989). Barrenador del Ruezno *Laspeyresia caryana* (Fitch), (Lepidoptera: Olethreutidae) su Ciclo Biológico en Unidades Calor y Relación Fenológica Cultivo-Plaga en Delicias Chih. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Capingo Méx. 49 p.
- Fu, C. A. A. (2005). El gusano barrenador de la nuez. Seminario de Nogal. Memoria No. 19. INIFAP pp. 52-59.
- Fu, C. A. A., M. Harris, A. A. Fontes P. y W. Verdugo Z. (2013). Trampeo e Identificación de la Feromona Sexual del Gusano Barrenador de la Nuez, *Acrobasis nuxvorella* (Lepidoptera: Pyralidae) en México. *Biotecnia* 15(2):25-30. doi.org/10.18633/bt.v15i2.146.
- Harris, M.K. (2008). PecanPIPE: aiding communications among pecan stakeholders belt-wide. Pp 58-59. *Texas Pecan Growers Association*. Pecan South (September/October).
- Higley, L. G., Pedigo, L. P., & Ostlie, K. R. (1986). DEGDAY: a program for calculating degree-days, and assumptions behind the degree-day approach. *Environmental Entomology*. 15(5):999-1016. doi.org/10.1093/ee/15.5.999.
- Knutson, A. E., & Muegge, M. A. (2010). A degree-day model initiated by pheromone trap captures for managing pecan nut casebearer (Lepidoptera: Pyralidae) in pecans. *Journal of economic entomology*, 103(3), 735-743. doi.org/10.1603/EC09319.
- McVay, J. R. and P. M. Estes. (1989). Insect and mite pest, pp. 105-125. In W. D. Goff, J. R. McVay and W. Gazaway [eds]. *Pecan Production in the Southeast: a guide for growers*. Ala Coop. Ext. Ser. Pub. ANR-454, Auburn University.
- Nava C., U. y M. Ramirez D. (2002). Manejo integrado de plagas en nogal. In: *Tecnología de Producción en Nogal Pecanero*. Arreola A. J. y I. Reyes J. (eds.). Libro Técnico No. 3. Campo Experimental La Laguna, CIRNOC, INIFAP. Matamoros, Coahuila, México. pp 145-176.
- Payne, J.A. and E. K. heaton. 1975. The hickory shuckworm: Its biology, effect upon nut del barrenador del ruezno *Cydia caryana* (Lepidoptera: Olethreutidae) en el árbol. En XXIX Congreso Nacional de Entomología. Soc. Mex. Entomología p 60-61.
- Reid, W. (2002). Current Pest Management Systems for Pecan. *HortTechnology*. 12(4):633-639. doi.org/10.21273/HORTTECH.12.4.633.



- Ring, D. R., & Harris, M. K. (1983). Predicting pecan nut casebearer (Lepidoptera: Pyralidae) activity at college station, Texas. *Environmental Entomology*, 12(2): 482-486. doi.org/10.1093/ee/12.2.482.
- Ring, D. R., M. K. Harris and J. A. Payne. (1989). Sequential Sampling Plant for Integrated Pest management of Pecan Nut Casebearer (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*. 82(39):906-909.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2024). Anuario estadístico de la producción agrícola. Consultado el 20 de septiembre de 2024, desde https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/
- Taylor, F. (1981). Ecology and evolution of physiological time in insects. *The American Society of Naturalists*. 117(1):1-23. doi.org/10.1086/283683.
- Valdés F. A. 1983. El Gusano del Ruezno y su Diseminación en Nogaleras del Estado de Chihuahua. En *Memorias del X Ciclo Internacional de Conferencias sobre el Cultivo del Nogal*. Cd. Delicias, Chih. pp 123-131.
- Wagner, T. L., Wu, H. I., Sharpe, P. J., Schoolfield, R. M., & Coulson, R. N. (1984). Modeling insect development rates: a literature review and application of a biophysical model. *Annals of the Entomological Society of America*. 77(2), 208-220. Doi.org/10.1093/aesa/77.2.208.
- Wall, C. (1989). Monitoring and spray timing, pp 39-66- In: A R. Justum and R. F. S. Gordon (eds.). *Insect Pheromones in Plant Protection*. Jhon Wiley & Sons, New York.