



## DINÁMICA TEMPORAL Y PATRONES DE AGREGACIÓN DE *Steneotarsonemus spinki* SMILEY EN CULTIVOS DE ARROZ EN MÉXICO

### TEMPORAL DYNAMICS AND AGGREGATION PATTERNS OF *Steneotarsonemus spinki* SMILEY IN RICE PLANTATIONS IN MEXICO

Marco Antonio Salazar-Santiago<sup>1</sup>, Gabriel Otero-Colina<sup>1</sup>, Remigio Anastacio Guzmán-Plazola<sup>1\*</sup>, Raquel Alatorre-Rosas<sup>1</sup>, Alejandro Pérez-Panduro<sup>1</sup>, Carlos Fredy Ortiz-García<sup>2</sup> y María Guadalupe Carrillo-Benítez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados (CP), Campus Montecillo, Programa de Fitosanidad, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. <sup>2</sup>CP, Campus Tabasco, Programa de Producción Agroalimentaria en el Trópico, H. Cárdenas, Tabasco, México. <sup>3</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Programa de Protección Vegetal, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

\*Autor de correspondencia (rguzmanp@colpos.mx)

#### RESUMEN

*Steneotarsonemus spinki* es una de las plagas más importantes del cultivo de arroz (*Oryza sativa*). En el presente estudio se investigó la dinámica poblacional y los patrones de agregación de la plaga en diferentes etapas fenológicas de la planta. Se establecieron cultivos de arroz cv. Milagro Filipino en tres municipios del estado de Tabasco, México y se evaluó el comportamiento de la plaga desde julio de 2014 hasta julio de 2015. No se detectó la plaga durante el ciclo del cultivo en el municipio de Comalcalco, mientras que en los municipios de Cárdenas y Huimanguillo no se detectó la plaga durante las etapas de germinación, desarrollo foliar y macollamiento, pero sí se detectó a inicio de la floración (97 días después de la siembra). Las poblaciones de ácaros alcanzaron valores máximos de 4319 huevos, 1174 larvas, 1998 larvas inactivas o quiescentes, 886 machos adultos y 1737 hembras adultas por planta en Cárdenas y 2478 huevos, 794 larvas, 1768 larvas inactivas, 333 machos adultos y 557 adultos hembras en Huimanguillo. *Steneotarsonemus spinki* mostró patrones cíclicos de agregación asociados con la dinámica de precipitación y etapas fenológicas. El viento fue identificado como un medio de dispersión del ácaro. No se observó transporte forético en insectos. Se detectó la presencia de la plaga en diferentes etapas de desarrollo de *Echinochloa colona*, *Leptochloa scabra*, *Panicum maximum* y *Cyperus hermaphroditus*, dentro y fuera de los campos estudiados.

**Palabras clave:** *Oryza sativa*, ácaro de la panícula del arroz, dinámica de poblaciones, parámetro k, patrones de agregación.

#### SUMMARY

*Steneotarsonemus spinki* is one of the most important pests of rice. In this study, the population dynamics and aggregation patterns of this pest at different plant phenological stages were investigated. Rice plots cv. Milagro Filipino were established in three municipalities of the state of Tabasco, Mexico, and the pest behavior was evaluated from July 2014 to July 2015. The pest was not detected during the crop cycle in the municipality of Comalcalco. In contrast, in the municipalities of Cárdenas and Huimanguillo, the pest was not detected during germination, leaf development and tillering stages. Still, it was seen at the beginning of flowering (97 days after planting). Mite populations reached maximum values of 4319 eggs, 1174 larvae, 1,998 inactive larvae, 886 adult males and 1737 adult females per plant in Cárdenas, and 2478 eggs, 794 larvae, 1768 dormant larvae, 333 adult males, and 557 adult females in Huimanguillo. *Steneotarsonemus spinki* showed cyclical aggregation patterns associated with precipitation dynamics and phenological stages. The wind was identified as a means of dispersal for the mite. No phoretic transport

on insects was observed. The presence of the pest was detected at different developmental stages of *Echinochloa colona*, *Leptochloa scabra*, *Panicum maximum* and *Cyperus hermaphroditus*, both within and outside the studied fields.

**Index words:** *Oryza sativa*, aggregation patterns, k parameter, panicle rice mite, population dynamics.

#### INTRODUCCIÓN

*Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) es una plaga muy importante que afecta los cultivos de arroz (*Oryza sativa* L.) (Lin y Zhang, 2010). A este ácaro se le atribuyen pérdidas de rendimiento del 30 al 90 % en China y del 20 al 60 % en Taiwán (Chen *et al.*, 1980; Zhang *et al.*, 1995). El ácaro también ha sido reportado en cultivos de arroz en Cuba (Almaguel *et al.*, 2003; Ramos *et al.*, 2001) desde donde se extendió rápidamente a varios países del continente americano (Miranda *et al.*, 2003; 2005; Sandoval *et al.*, 2009).

Debido a su tamaño pequeño y al hecho de vivir escondido bajo las vainas de las hojas, su detección y control es una tarea difícil; su refugio también protege a esta plaga de agentes de control químico y biológico (Toro y Mesa, 2015); además, su alto potencial reproductivo (Almaguel *et al.*, 1998) le confiere la capacidad de colonizar rápidamente los cultivos y recuperar altos niveles de población luego de que se hayan tomado medidas de control.

*Steneotarsonemus spinki* es capaz de completar su ciclo biológico dentro de una planta de arroz. Las larvas y los adultos tienen quelíceros en forma de estiletes que al alimentarse dañan las superficies de hojas, vainas y grano, lo que afecta los mecanismos de circulación de nutrimentos (Hummel *et al.*, 2009). Las plantas atacadas presentan inflorescencias deformadas, así como tejidos

necróticos con manchas de color marrón negruzco en las paredes de los tallos infestados, además de infertilidad en las panículas y reducción del rendimiento y calidad del grano (Cho *et al.*, 1999).

En Cuba se encontró que este ácaro es vector del hongo *Sarocladium orizae* Smiley y que éste último es causante de los síntomas señalados (Cabrera *et al.*, 2005); sin embargo, Salazar-Santiago *et al.* (2019) en el estado de Tabasco, México, mostraron que el hongo no estaba presente en arrozales de dicho estado, pero los síntomas característicos sí aparecían, por lo que postularon que el ácaro por sí solo es el causante de los daños.

Existen más de 70 especies de plantas hospedantes de *S. spinki* que crecen interactuando con el cultivo del arroz, como el arroz silvestre (*Oryza latifolia* Desv), pasto Bermuda [*Cynodon dactylon* (L.) Pers (Poaceae)], juncia plana del arroz (*Cyperus iria* L.), reed [*Cyperus articulatus* (L.) (Cyperaceae)] y palla (*Oxycaryum* sp.), entre otras (Almaguel *et al.*, 2003; Rao y Prakash, 1996; 2002). Chandrasena *et al.* (2016) estimaron que la cantidad de especies de plantas hospedantes podría ser superior a 800.

En 2006 se detectó por primera vez la presencia de *S. spinki* en México, en el municipio de Palizada, Campeche (NAPPO, 2007). Formalmente no se han reportado otras observaciones en México, pero los integrantes de este equipo de investigación y la información testimonial de los productores señalan su presencia en los estados de Tabasco, Veracruz y Campeche, con pérdidas potenciales de rendimiento de 30 a 90 %.

No existen reportes sobre la dinámica espacio-temporal de *S. spinki*; no obstante, se trata de información muy necesaria para conocer su comportamiento y diseñar planes de manejo de la plaga. Se ha publicado una caracterización de daños realizada por Jaimez-Ruiz *et al.* (2015) en condiciones de laboratorio y un reporte sobre hongos entomopatógenos (Salazar-Santiago *et al.*, 2019); sin embargo, la información sobre este ácaro en México es limitada. En esta investigación se estudió la dinámica temporal y los patrones de agregación del ácaro en diferentes etapas de desarrollo de arrozales del estado de Tabasco; también se analizó la relación de esas dinámicas y patrones de agregación con la fenología de los cultivos, y sus nexos con la temperatura y precipitación; adicionalmente, se reporta su ocurrencia en diferentes especies de malezas asociadas al cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Recolecta e identificación

Se recolectaron ejemplares machos y hembras del ácaro *S. spinki*, en tubos de Eppendorf con alcohol etílico 70 %, presentes en los primeros muestreos en vainas y hojas de arroz en condiciones de campo en el estado de Tabasco; posteriormente, se montaron entre porta y cubreobjetos con líquido de Hoyer (Walter y Krantz, 2009) para su observación bajo un microscopio de contraste de fases (Carl Zeiss, modelo GmbH Primo Star, Mühlendorf, Alemania). Los ácaros fueron identificados con las claves taxonómicas para los géneros y subgéneros de Tarsonemidae (Lindquist, 1986) y claves de identificación de *Steneotarsonemus* para machos y hembras (Smiley *et al.*, 1993).

### Dinámica temporal

De julio de 2014 a julio de 2015 se evaluaron arrozales de la variedad Milagro Filipino en los municipios de Cárdenas (18° 02' 47" N, 93° 34' 23" W), Huimanguillo (17° 59' 32" N, 93° 44' 45" W) y Comalcalco (18° 14' 12" N, 93° 15' 12" W) del estado de Tabasco, México. Las muestras se tomaron cada 15 días desde la siembra (dds) hasta la etapa de floración, y cada mes del comienzo de la maduración del grano hasta el inicio de la nueva temporada de siembra. Se realizaron muestreos sistemáticos. Las unidades de muestreo fueron plantas individuales. Se seleccionó un tamaño de muestra de 50 plantas por campo para la cuantificación de huevos, larvas, quiescentes (larvas inactivas, ninfocrisálidas), hembras y machos o hembras adultos de *S. spinki* en cada planta. Se llevó el registro de las etapas de germinación, desarrollo foliar, macollamiento, floración, maduración del grano y maduración de la planta, según descripción de Moquete (2010).

Se compilaron los registros de temperatura y precipitación de la estación meteorológica de la Comisión Nacional del Agua de México más cercana a los campos evaluados (estaciones: Poblado 22, Huimanguillo y Comalcalco, de los municipios de Cárdenas, Huimanguillo y Comalcalco; claves 27017, 270777 y 27009, respectivamente); estos registros corresponden a los períodos en los que se cuantificaron los ácaros.

Durante el período de muestreo se colocaron cinco trampas pegajosas cada 15 d en cada campo, dos en cada extremo y una en el centro del campo, con el fin de determinar si los ácaros fueron transportados por el viento o por los insectos. Cada trampa se colocó a una altura de 1.2 m y constó de cuatro láminas amarillas (22 × 28.5 cm cada una), dispuestas como un cubo con cada lado vertical

hacia un punto cardinal. Cada hoja amarilla se cubrió con una bolsa de plástico transparente, a la que previamente se le aplicó adherente Stick-Bug50 (Marca AlternaAgro, México).

### Análisis estadístico

Se estimó la relación varianza-media y el parámetro  $k$  de la distribución binomial negativa para número total de huevos, larvas, larvas inactivas, y machos, hembras y adultos por planta (Nachman, 1984; Roda *et al.*, 2012; Zalom, 1985). Se calculó la media, mediana y valores máximos y mínimos para cada variable en cada muestreo. Se utilizó el software SAS (Statistical Analysis System, v. 9.4, Cary, Carolina del Norte, EUA).

## RESULTADOS

### Identificación molecular y morfológica

Se confirmó la presencia e identidad de *Steneotarsonemus pinki* en los sitios estudiados mediante las claves taxonómicas. Se confirmó también su identidad mediante pruebas de PCR, secuenciación de la región COI y comparación con una secuencia de referencia del GenBank (JX289537.1).

### Dinámica temporal

No se detectó *Steneotarsonemus pinki* en ninguno de los campos de arroz durante las etapas de crecimiento vegetativo (germinación, desarrollo foliar y macollamiento). El ácaro tampoco se detectó en todo el ciclo del cultivo en Comalcalco. Los primeros ejemplares se detectaron al inicio de la etapa de floración (97 dds) en Cárdenas y Huimanguillo. En esa etapa se estimaron en el municipio de Cárdenas 11.1 larvas, 17.2 larvas en reposo, 4.0 machos, 6.1 hembras y 10.1 adultos totales por planta (medianas: 23, 3.5, 2.5, 2.0, 4.5 y 7.0, respectivamente), mientras que en Huimanguillo las poblaciones medias iniciales se estimaron en 11.3, 1.4, 2.3, 0.7, 0.8 y 1.6 (mediana de 0.5 para huevos y de cero para el resto de las etapas de desarrollo), respectivamente.

Las poblaciones en el municipio de Cárdenas aumentaron gradualmente hasta un promedio de 2739 huevos, 714 larvas y 1415 adultos por planta (medianas: 2764, 746.5, 1578.5, 577, 950.5 y 1505.5, respectivamente) cuando las muestras se tomaron a 158 dds, durante la etapa de maduración del grano (Figura 1). A la cosecha, las poblaciones disminuyeron hasta sus valores a inicio de la floración, pero aún se detectaron picos de crecimiento debido al desarrollo de nuevo tejido con el rebrote de las plantas; también se detectaron picos en las plantas de

arroz ubicadas alrededor de los campos estudiados. La dinámica de las poblaciones mínima y máxima por período de muestreo siguió el mismo patrón que los valores medios, aunque este comportamiento aparentemente cíclico de picos poblacionales decrecientes fue más evidente con los valores máximos. En el pico detectado durante la etapa de maduración del grano (158 dds), los valores máximos fueron 4319 huevos, 1174 larvas, 1998 larvas inactivas, 886 machos, 1737 hembras y 2617 adultos; posteriormente, se observaron picos menos pronunciados a los 220 y 310 dds, lo que refleja el crecimiento de la planta recién cosechada, que significó nuevo tejido disponible para que el ácaro se alimentara, así como plantas sin cosechar que crecieron en los bordes de cada campo.

La dinámica poblacional descrita en los párrafos anteriores tuvo una relación inversa con la ocurrencia de lluvias; en el municipio de Cárdenas, los picos de población promedio y máximo coincidieron, en general, con niveles bajos de precipitación mensual total en todas las etapas de desarrollo de los ácaros (Figuras 1 A-F). Los picos generalmente se produjeron alrededor de cinco días después de la precipitación; además, mientras el terreno se inundó (desde la floración hasta la cosecha), los ácaros se ubicaron en partes de las plantas que no estaban cubiertas por agua.

En el municipio de Huimanguillo se observó un pico poblacional inicial hacia el final de la floración y maduración temprana del grano (130 dds), con un leve descenso a los 140 dds (Figura 2); después de esta caída, el pico de población más alto de todas las etapas de desarrollo de los ácaros coincidió con una caída drástica en las precipitaciones y las etapas de maduración y cosecha del grano. En este pico, las poblaciones promedio fueron 1439.1 huevos, 458.6 larvas, 1402.7 larvas inactivas, 249.3 machos, 249.6 hembras y 498.8 adultos en total por planta (Figura 2) (medianas: 1568, 510.5, 1131, 257, 255.5 y 526, respectivamente); posteriormente, los valores disminuyeron a los niveles observados al inicio de la floración, con incrementos cíclicos durante las fases de rebrote después de la cosecha. Este comportamiento fue más evidente con las poblaciones máximas. En el pico detectado durante la etapa de maduración del grano (158 dds), los valores máximos fueron 2478 huevos, 794 larvas, 1768 larvas inactivas, 333 machos, 557 hembras y 890 adultos en total. La ocurrencia de picos poblacionales en Huimanguillo coincidió con reducciones en la precipitación (Figuras 2 A-F).

Las temperaturas promedio mínima y máxima en los municipios de Cárdenas variaron de 17.0 a 24.1 °C y las temperaturas máximas de 25.9 a 35.7 °C.

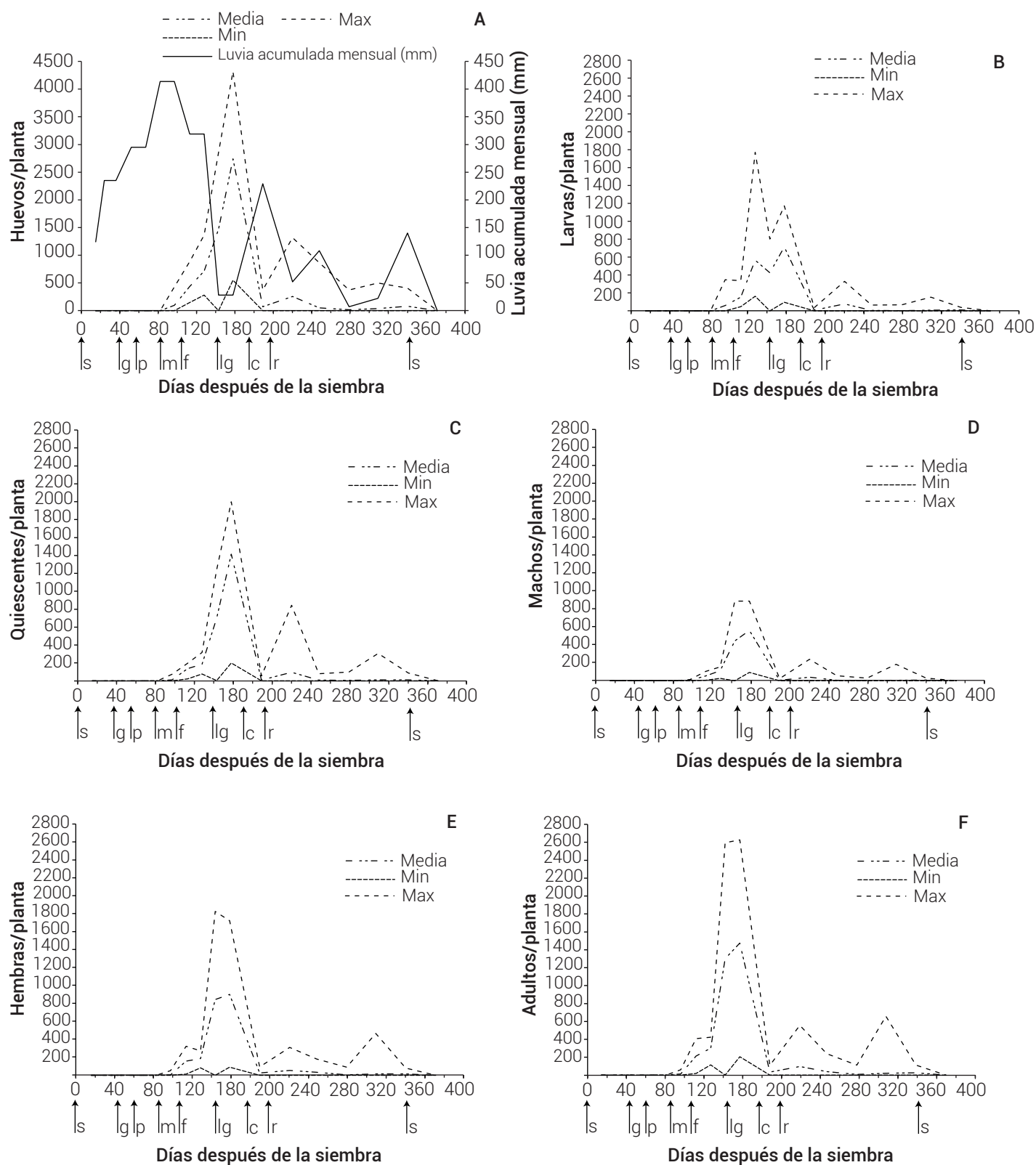


Figura 1. Numero de huevos (A), larvas (B), quiescentes (C), machos (D), hembras (E) y adultos (F) por planta en diferentes etapas fenológicas de arroz Milagro Filipino en Cárdenas, Tabasco, México. s: siembra, g: germinación, d: plántula, m: macollamiento, f: floración, lg: llenado de grano, c: cosecha, r: rebrote.

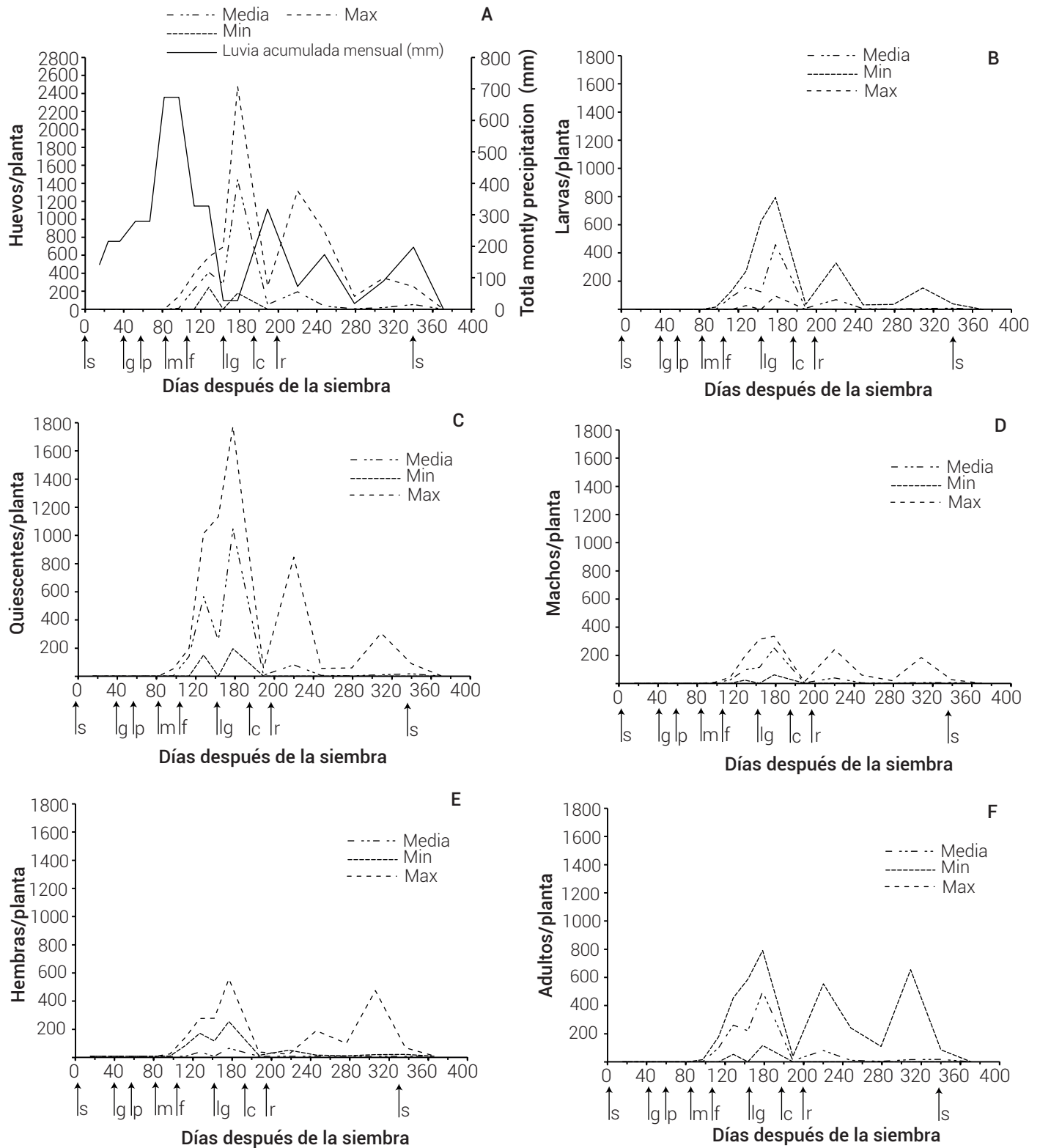


Figura 2. Número de huevos (A), larvas (B), quiescentes (C), machos (D), hembras (E) y adultos (F) por planta en diferentes etapas fenológicas de arroz Milagro Filipino, en Huimanguillo, Tabasco, México. s: siembra, g: germinación, d: plántula, m: macollamiento, f: floración, lg: llenado de grano, c: cosecha y r: rebrote.

### Patrones de agregación

Las poblaciones de huevos, larvas, larvas inactivas, hembras, machos y adultos totales presentaron relaciones varianza/media considerablemente mayores que 1.0, con comportamientos aparentemente cíclicos en este indicador durante todo el período de evaluación (Figura 3). En Cárdenas se observaron cuatro picos notables: el primero durante el macollamiento y comienzo de la floración, el segundo durante la maduración del grano y los dos últimos después de la cosecha, en la fase de rebrote de la planta de arroz cosechada; con excepción del primero, todos los picos se asociaron con una disminución en la cantidad de lluvia mensual. La altura de los picos varió en función de la etapa de desarrollo del ácaro. El valor del parámetro  $k$  de la distribución binomial negativa también presentó un comportamiento aparentemente cíclico, con fases altamente agregadas (valores bajos del parámetro  $k$ ) al inicio de la floración y maduración del grano y fases menos agregadas (valores más altos del parámetro  $k$ ) al final de estas etapas (Figura 3).

En el municipio de Huimanguillo, los patrones de agregación y dispersión fueron muy similares a los observados en Cárdenas (Figuras 3B y D), aunque en este último municipio la relación varianza/media del número de huevos por planta a los 240 dds fue extremadamente alta (4814); sin embargo, este pico no se detectó cuando se analizó la dinámica de variación del parámetro  $k$  (Figura 3D).

### Plantas hospedantes y captura en trampas

En Cárdenas y Huimanguillo se detectó la presencia de especímenes de *S. spinki* en etapas de huevo y adulto en múltiples ejemplares de tres especies de la familia Poaceae [*Echinochloa colona* (L.) Link, *Leptochloa scabra* Nees y *Panicum maximum* Jacq.] y una especie de la familia Cyperaceae [*Cyperus hermaphroditus* (Jacq. Standl)], las cuales estaban tanto dentro del campo como en áreas circundantes. Después de la cosecha, se revisaron las plantas hospedantes y en todas se encontró el ácaro.

Se detectó a *S. spinki* en el 80 % de las trampas de Huimanguillo y Cárdenas; todos los especímenes detectados eran adultos, con una proporción de hembras considerablemente mayor en todas las muestras. El número hembras por trampa varió de 18 a 22, mientras que el de machos varió de 3 a 5. No se observó transporte de *S. spinki* en otros insectos, como abejas mieleras (*Apis mellifera*) y diferentes avispas (Himenoptera).

### DISCUSIÓN

Se ha reportado que *S. spinki* comienza a infestar las plantas de arroz durante la etapa de macollamiento (Almaguel *et al.*, 2003; Ramos y Rodríguez, 2001). Las infestaciones artificiales en las etapas iniciales de desarrollo del cultivo no han tenido éxito, pero sí durante el macollamiento (Jaimez-Ruiz *et al.*, 2015). Karmakar y Debnath (2016) reportaron que *S. spinki* aparece durante el macollamiento o el inicio de la panícula, alcanzando poblaciones máximas durante la etapa de maduración del grano. En este estudio se observó por primera vez a *S. spinki* al inicio de la floración, pero se registraron los mayores niveles poblacionales durante la fase de llenado de grano, lo que se asoció claramente con una fuerte disminución de la precipitación. Es posible que las condiciones fisiológicas de los tejidos muy jóvenes durante las primeras etapas fenológicas no fueran favorables para el establecimiento y desarrollo de los ácaros (Jaimez-Ruiz *et al.*, 2015), o que la lluvia tuviera un efecto negativo. Los períodos de baja precipitación fueron más favorables para el desarrollo de los ácaros y para la construcción de agregados, con tendencia a disminuir y dispersarse a medida que aumentaba la precipitación, posiblemente por un efecto de lavado o ahogamiento.

Los períodos de baja disponibilidad de tejido verde después de la cosecha dieron como resultado una caída de la población, lo cual tiene importantes implicaciones prácticas, dado que las medidas de control podrían iniciarse en la etapa de floración y centrarse principalmente en los períodos de poca lluvia. La eliminación de plantas hospederas alternativas dentro de los campos y sus áreas circundantes también contribuiría a mantener las poblaciones de ácaros en niveles tolerables. La labranza del suelo inmediatamente después de la cosecha también puede contribuir a la eliminación de plantas que facilitan la supervivencia de los ácaros, evitando picos poblacionales como los observados en este estudio después de la cosecha. Por otro lado, la ocurrencia de *S. spinki* en campos cercanos debe ser una señal de alerta, dado que, como se muestra en el presente estudio, el viento es un factor importante para la dispersión de ácaros.

En este estudio la plaga sólo se detectó en cuatro hospederos distintos del arroz. Este es el primer informe sobre la presencia de *S. spinki* en *C. hermaphroditus*, *E. colona*, *L. scabra* y *P. maximum*; sin embargo, las malezas *Cyperus rotundus* (L.), *C. kyllingia* Endl., *C. iria* (L.), *Leptochloa chinensis* y *Sacciolepis interrupta* se han reportado como hospedantes de estos ácaros en la India (Chandrasena *et al.*, 2016), lo que sugiere que el número de hospedantes alternos en las áreas de cultivo de arroz en México podría ser mayor.



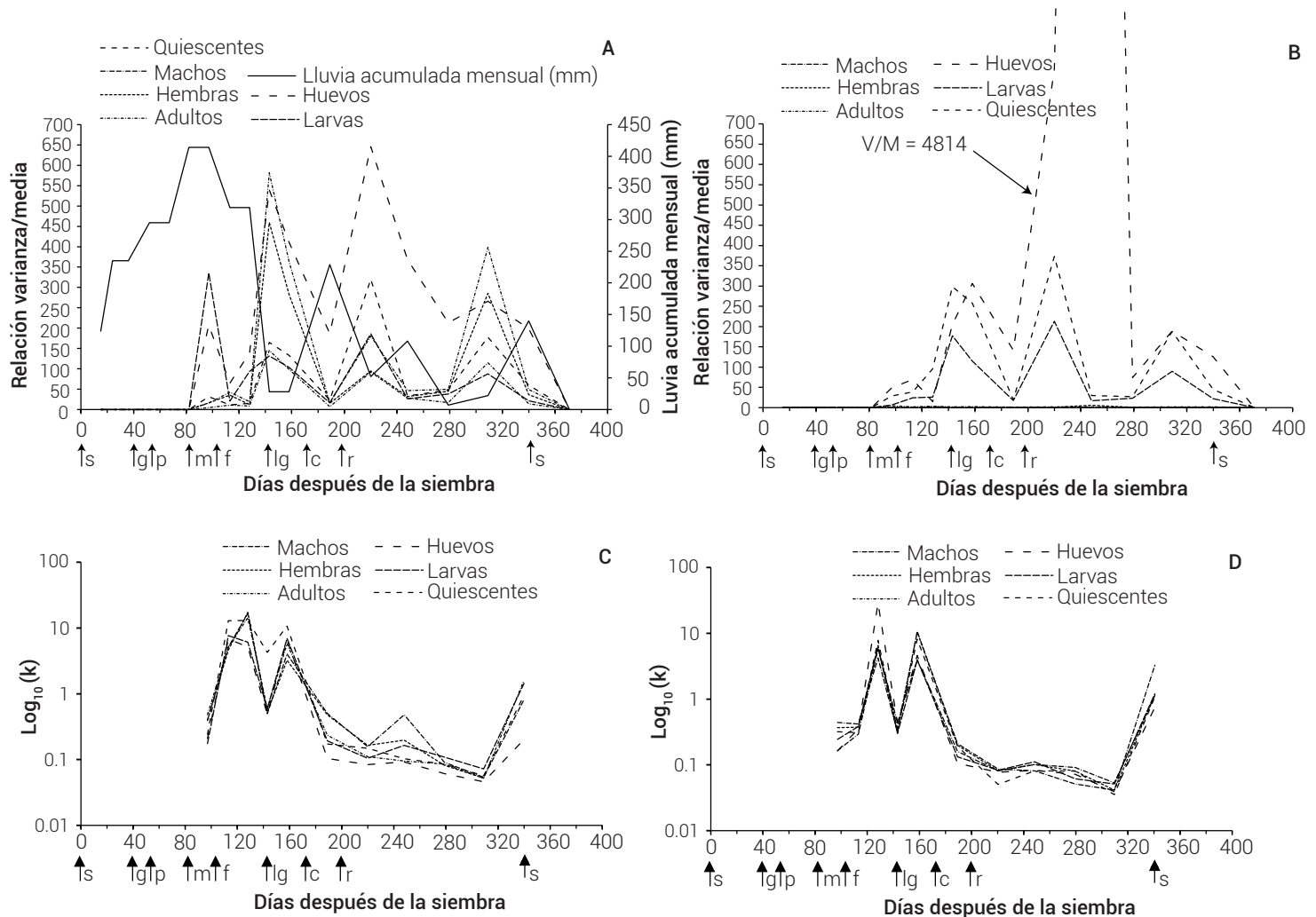


Figura 3. Relación varianza/media y valor del parámetro  $k$  de la distribución binomial negativa para el número de huevos, larvas, quiescentes, machos, hembras y adultos/planta en diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz Milagro Filipino en Cárdenas (A y C) y Huimanguillo (B y D), Tabasco, México. s: siembra, g: germinación, d: plántula, m: macollamiento, f: floración, lg: llenado de grano, c: cosecha, r: rebrote.

Aparentemente no existen informes previos publicados sobre el comportamiento espacio-temporal de *S. spinki*. En este estudio se determinó que las poblaciones durante todas las etapas de desarrollo de los ácaros adoptan un patrón espacial agregado. Este es el primer reporte donde se muestra que este ácaro tiene ciclos de agregación variables asociados con la dinámica de precipitación y etapas fenológicas específicas del cultivo, como el inicio de la floración y la maduración del grano. La ocurrencia de agregación tiene implicaciones prácticas, ya que las estimaciones de población bajo este patrón espacial deben generarse utilizando métodos de muestreo sistemáticos (Ludwig y Reynolds, 1988; Southwood y Henderson, 2000). La ocurrencia de patrones de agregación variables (cambio de la relación entre varianza y media y parámetro  $k$ ) indica que los tamaños de las muestras deben ajustarse

(Campbell y Madden, 1990) a medida que cambian la fenología de los cultivos y los patrones de lluvia.

## CONCLUSIONES

Las infestaciones de *S. spinki* en campos de arroz de Tabasco, México inician al comienzo de la etapa de floración; el ácaro alcanza altos niveles poblacionales, los cuales decrecen con la ocurrencia de lluvia. Altos valores de la relación varianza/media y bajos del parámetro  $k$  de la distribución binomial negativa al inicio de la floración y maduración del grano indican patrones de alta agregación del ácaro en estas etapas del cultivo. El ácaro puede infestar a *Echinochloa colona*, *Leptochloa scabra*, *Panicum maximum* y *Cyperus hermaphroditus* (Jacq. Standl), ya que se detectó a *S. spinki* en etapa de huevo y adulto, en

plantas ubicadas dentro de los campos de arroz y en áreas circundantes. No se detectó transporte de *S. spinki* en insectos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Almaguel L., L. E. Rivero, M. I. Ramos, R. I. Cabrera, N. González, L. Alemán y J. Rodríguez (1998) Comportamiento y pruebas preliminares de control del ácaro del vaneado del arroz *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae). *Temas de Ciencia y Tecnología* 13:55-66.
- Almaguel L., A. Santos, P. de la Torre, E. Botta, J. Hernández, I. Cáceres y A. Ginarte (2003) Dinámica de población e indicadores ecológicos del ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley 1968 (Acari: Tarsonemidae) en arroz de riego en Cuba. *Fitosanidad* 7:23-30.
- Cabrera R. I., A. García, G. Otero C., L. Almaguel y A. Ginarte (2005) *Hirsutella nodulosa* y otros hongos asociados al ácaro tarsonémido del arroz *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en Cuba. *Folia Entomológica Mexicana* 44:115-121.
- Campbell C. L. and L. V. Madden (1990) Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons. New York, USA. 532 p.
- Chandrasena G. D. S. N., J. D. K. M. Jayawardane, S. D. Umange and A. D. B. U. Gunawardana (2016) Host range of panicle rice mite *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) in Sri Lanka. *Universal Journal of Agricultural Research* 4:21-24, <https://doi.org/10.13189/ujar.2016.040104>
- Chen C. N., C. C. Cheng, W. Y. Su and K. Y. Ho (1980) Bionomics of the rice tarsonemid mite (*Steneotarsonemus spinki* Smiley) and its relation to rice sterile-grain syndrome: a review. *Plant Protection Bulletin* 22:63-82.
- Cho M. R., D. S. Kim, D. S. Im, S. Na and M. Yiem (1999) A new record of tarsonemid mite *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) and its damage on rice in Korea. *Korean Journal of Applied Entomology* 38:157-164.
- Hummel N. A., B. A. Castro, E. M. McDonald, M. A. Pellerano and R. Ochoa. (2009) The panicle rice mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley, a re-discovered pest of rice in the United States. *Crop Protection* 28:547-560, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.03.011>
- Jaimez-Ruiz I. A., G. Otero-Colina, G. Valdovinos-Ponce, J. A. Villanueva-Jiménez and J. Vera-Graziano (2015) Population growth and characterization of plant injuries of *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) on rice. *Neotropical Entomology* 44:294-300, <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0284-7>
- Karmakar K. and P. Debnath (2016) Impact of organic-inorganic nutrients combination in rice on the occurrence of *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) in West Bengal, India. *Persian Journal of Acarology* 5:71-80, <https://doi.org/10.22073/pja.v5i1.13889>
- Lin J. Z. and Z. Q. Zhang (2010) Tarsonemidae of China: a review of progress on the systematics and biology, with an updated checklist of species. *Zoosymposia* 4:175-185, <https://doi.org/10.11646/ZOOSYMPOSIA.4.1.13>
- Lindquist E. E. (1986) The world genera of Tarsonemidae (Acari: Heterostigmata): a morphological, phylogenetic and systematic revision, with a reclassification of family-group taxa in the Heterostigmata. *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 118(S136):1-517, <https://doi.org/10.4039/entm118136fv>
- Ludwig J. A. and J. F. Reynolds (1988) Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing. John Wiley & Sons. New York, USA. 337 p.
- Miranda C. I., M. Ramos L. y B. M. Fernández (2003) Factores que influyen en la abundancia de *Steneotarsonemus spinki* en arroz, en Cuba. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 69:34-37.
- Miranda C. I., A. Fernández, E. Solórzano y J. L. Hernández (2005) Caracteres agronómicos afectados por la aparición de *Steneotarsonemus spinki* en arroz en Cuba. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 74:48-51.
- Moquete C. (2010) Guía Técnica, El cultivo de Arroz. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal. Santo Domingo, República Dominicana. 166 p.
- Nachman G. (1984) Estimates of mean population density and spatial distribution of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) based upon the proportion of empty sampling units. *Journal of Applied Ecology* 21:903-913, <https://doi.org/10.2307/2405055>
- NAPPO, North American Plant Protection Organization (2007) Detection of panicle rice mite (*Steneotarsonemus spinki* Smiley) in Palizada, Campeche, Mexico. Phytosanitary Alert System. North American Plant Protection Organization. Raleigh, North Carolina, USA. <https://www.pestalerts.org/es/official-pest-report/detecci-n-del-carro-del-vaneo-del-arroz-steneotarsonemus-spinki-smiley-en> (October 2021).
- Ramos M. y H. Rodríguez (2001) Aspectos biológicos y ecológicos de *Steneotarsonemus spinki* en arroz, en Cuba. *Manejo Integrado de Plagas* 61:48-52.
- Ramos M., C. Gómez y R. I. Cabrera (2001) Presencia de *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en cuatro variedades de arroz en la Republica Dominicana. *Revista Protección Vegetal* 16:6-9.
- Rao J. and A. Prakash (1996) *Cynodon dactylon* (Linn.) Pers. (Graminae): an alternate host of rice tarsonemid mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley. *Journal of Applied Zoological Researches* 7:50-51.
- Rao J. and A. Prakash (2002) Paddy field weed, *Schoenoplectus articulatus* (Linn.) palla (Cyperaceae): a new host of tarsonemid mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley and panicle thrips, *Haplothrips ganglbaureri* Schmutz. *Journal of Applied Zoological Researches* 13:174-175.
- Roda A., G. Nachman, F. Hosein, J. C. V. Rodrigues and J. E. Peña (2012) Spatial distributions of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on coconut and their implications for development of efficient sampling plans. *Experimental and Applied Acarology* 57:291-308, <https://doi.org/10.1007/s10493-012-9538-9>
- Salazar-Santiago M. A., C. F. Ortiz-García, G. Otero-Colina, R. A. Guzmán-Plazola, R. Alatorre-Rosas y A. Pérez-Panduro (2019) Hongos fitopatógenos en arroz (*Oryza sativa*) y su asociación con *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en Tabasco, México. *Agrociencia* 53:757-764.
- Sandoval M. F., L. Almaguel, F. Fréitez y C. Vázquez (2009) Situación actual del ácaro del arroz, *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en Venezuela. *Entomotropica* 24:135-139.
- Smiley R. L., C. H. W. Flechtman and R. Ochoa (1993) A new species of *Steneotarsonemus* (Acari: Tarsonemidae) and an illustrated key to grass-infesting species in the Western hemisphere. *International Journal of Acarology* 19:87-93, <https://doi.org/10.1080/01647959308683543>
- Southwood T. R. E. and P. A. Henderson (2000) Ecological Methods. Third edition. Blackwell Science. Oxford, UK. 575 p.
- Toro S. S. y N. C. Mesa C. (2015) Parámetros poblacionales y comportamiento de *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en el cultivo de arroz. *Acta Agronómica* 64:186-193, <https://doi.org/10.15446/acag.v64n2.43936>
- Walter D. E. and G. W. Krantz (2009) Collecting, rearing and preparing specimens. In: A Manual of Acarology. Third edition. G. W. Krantz and D. E. Walter (eds.). Texas Tech University Press. Lubbock, Texas, USA. pp:83-96.
- Zalom F. G., C. E. Kennett, N. V. O'Connell, D. Flaherty, J. G. Morse and L. T. Wilson (1985) Distribution of *Panonychus citri* (McGregor) and *Euseius tularensis* Congdon on central California orange trees with implications for binomial sampling. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 14:119-129, [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(85\)90089-1](https://doi.org/10.1016/0167-8809(85)90089-1)
- Zhang W. X., P. Z. Jiang, X. J. Xie, W. X. Chen and S. Y. Chao (1995) Investigation on resistance of rice varieties to *Steneotarsonemus spinki*. *Guangdong Agricultural Science* 6:38-39.