

Parámetros poblacionales y comportamiento de *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en el cultivo de arroz

Population parameters and behavior of *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) in rice culture

Shirley Toro Sánchez y Nora Cristina Mesa Cobo

Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia. Autora para correspondencia: storos@unal.edu.co

Rec.: 29.07.2014 Acep.: 29.08.2014

Resumen

El ácaro Tarsonemidae *Steneotarsonemus spinki* Smiley desde su introducción en Colombia ha causado impacto económico y reducción en la productividad del cultivo de arroz, aumento de las aplicaciones de agroquímicos para su control e incrementos en los costos de producción. Con el fin de estudiar su biología, en condiciones de laboratorio (27 ± 3 °C y $85 \pm 5\%$ H.R) se estableció un ensayo en plantas de la variedad Fedearroz 473 con el objeto de hacer observaciones y registros diarios de todos los cambios durante el desarrollo de huevo a adulto. Se encontró que la duración, en días, de los estados inmaduros fue: para huevo, 1.4; para larva, 0.7 y para ninfa-pupa, 0.6. La duración total de huevo a adulto fue de 3.5 días. La hembra presentó un periodo de oviposición de 8 días y una longevidad 8.9 días. Se registró una fecundidad de 43 huevos por hembra y una tasa de oviposición diaria de 4.43. La relación hembra: macho fue de 11.5:1. Los parámetros de la tabla de vida obtenidos fueron: tasa reproductiva neta (R_0) = 52.72, tasa intrínseca de crecimiento natural (r_m) = 1.36, tasa finita de multiplicación (λ) = 3.88, tiempo de duplicación (Td) = 0.51 días y tiempo generacional (T) = 4.59 días. Estos resultados permiten entender el impacto de *S. spinki* en el cultivo de arroz en Colombia.

Palabras clave: *Oryza sativa*, Tarsonemidae, biología, reproducción, ácaro de la panícula.

Abstract

The mite Tarsonemidae *Steneotarsonemus spinki* Smiley since its introduction to the country, has caused economic impact and reduced productivity of rice cultivation, increased agrochemical applications for control and increases in production costs. In order to study his biology, in laboratory conditions (27 ± 3 oC y $85 \pm 5\%$ R.H) a trial was established in plants of the variety Fedearroz 473, daily observations and record all changes made during its development from egg to adult. We found that the duration in days of the immature stages was: egg: 1.4; larva: 0.7 and nymph-pupae: 0.6. The total time from egg to adult was 3.5 days. The female presented an oviposition period of 8.0 days and 8.9 days longevity. Fecundity of 43 eggs per female daily oviposition rate of 4.43 was recorded. The ratio female: male was 11.5: 1. The parameters of the life table were obtained: net reproductive rate (R_0) = 52.72, intrinsic rate of natural increase (r_m) = 1.36, finite multiplication rate (λ) = 3.88, doubling time (Td) = 0.51days and generation time(T) = 4.59. These results allow us to understand the impact of *S. spinki* in rice cultivation in Colombia.

Keywords: *Oryza sativa*, Tarsonemidae, biology, reproduction, survival, mite panicle.

Introducción

Steneotarsonemus pinki Smiley es considerado como la plaga más importante del arroz en el mundo (Tseng, 1984). Se distribuye geográficamente en Asia, región Caribe, Norte, Centro y parte del Sur de América (Navia *et al.*, 2010). Entre sus hospederos se encuentran más de 70 especies de plantas incluyendo malezas que crecen con el cultivo de arroz, entre ellas, el arroz silvestre *Oryza latifolia* Desv., el pasto Argentina *Cynodon dactylon* (L.) Pers (Poaceae), el coquito *Cyperus iria* L. (Cyperaceae), palla (*Oxycaryum* sp. -Cyperaceae), el junco (*Cyperus articulatus* (L.) (Sanabria y Aguilar, 2005; Rao y Prakash, 1996, 2002; (CRR, 2006).

Los estiletes quelicerales de *S. pinki* perforan la epidermis de las células de las plantas de arroz y este mecanismo de alimentación del ácaro causa lesiones necróticas en la superficie de la vaina y entre el grano y la vaina (Chow *et al.*, 1980). Las plantas de arroz atacadas por lo general se atrofian y presentan problemas en su desarrollo como deformación de panículas y de inflorescencias, tejidos necróticos y deshidratados, puntos de color café sobre la pared de los granos, esterilidad, y reducción en la calidad del grano y en el número de panículas (Cho *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2001; Almaguel *et al.*, 2003).

La diseminación de *S. pinki* en la región Caribe incrementó la incidencia de la infección por el hongo *Sarocladium oryzae* (Sawada) (Moniliaceae) (Chow *et al.*, 1980; González y Cárdenas, 2003; Ramos y Rodríguez, 2001). Este hongo fitopatogénico puede causar pudrición de la vaina y, en combinación con altas infestaciones de *S. pinki*, ocasiona reducción significativa en la producción del cultivo. De acuerdo con Almaguel *et al.*, (2003), en Cuba la presencia de *S. pinki* en asociación con *S. oryzae* produjo síntomas de esterilidad en la panícula y pudrición de la vaina. En Panamá, Nandakumar *et al.*, (2007) describieron la asociación de las bacterias *Burkholderia glumae* (Kurita y Tabei) y *B. gladioli* (Severini) lo que produce los síntomas del tizón de la panícula ('panicle blight') y Hummel *et al.*, (2009) en Louisiana encontraron sintomatología de tizón bacterial

de la panícula ('bacterial panicle blight'), un daño que incluye vaneamiento del grano y panículas erectas en plantas de arroz atacadas por el ácaro.

El ácaro puede llevar esporas de hongos (Lo y Hor, 1977; Chow *et al.*, 1980). Según Ochoa *et al.*, (1991) se conoce que algunas especies de Tarsonemidae pueden llevar adheridas en su cuerpo y en estructuras especializadas esporas que contribuyen a la diseminación de enfermedades fungosas. Cabrera *et al.*, (2005) aislaron del cuerpo de *S. pinki* esporas de los hongos *Hirsutella nodulosa*, *Sarocladium oryzae*, *Cephalosporium* sp. y *Penicillium* sp. Almaguel *et al.*, (2003) reportan también la asociación de *S. pinki* con los hongos fitopatogénicos *S. oryzae* y los géneros *Pyricularia*, *Rhynchosporium* y *Rhizoctonia*, que causan manchado de granos y vainas.

Steneotarsonemus pinki ha sido reportado causando pérdidas económicas en el cultivo de arroz en diferentes países como Taiwán (Cheng y Chiu, 1999), China (Jiang *et al.*, 1994), India (Ou *et al.*, 1977). Para la agricultura de Cuba, es considerado como una de las principales plagas en cultivos de arroz, los registros del periodo 1997–98, cuando se confirmó su llegada a la Isla, indican que la producción se redujo en 70% y en los años siguientes las pérdidas estuvieron en el rango entre 30 y 60% (Ramos y Rodríguez, 2000). En Costa Rica, durante el 2004 ocurrieron las primeras infestaciones de *S. pinki* y se produjeron pérdidas de 96,000 t de arroz en la Provincia de Guanacaste, lo cual representó cerca del 45% de la producción del país y un estimado de pérdidas económicas de US\$ 11 millones (Navia *et al.*, 2010). Situaciones similares fueron encontradas en 1998 en República Dominicana, con pérdidas económicas y de producción aproximadas de 40% (Díaz *et al.*, 1999; Ramos *et al.*, 2001); en Haití estas pérdidas fueron de 60% (Almaguel y Botta, 2005) y entre 40 y 60% en Panamá (García, 2005). En Colombia el ácaro fue registrado por el ICA en el 2005 y mediante la resolución 1195 del mismo año fue declarada la emergencia fitosanitaria en todo el territorio nacional por la presencia de los ácaros *S. pinki* (Smiley) y *S. furcatus*

(De León) en arroz. Mediante acciones de vigilancia fitosanitaria y diagnóstico vegetal y por información de productores de semilla se detectó la presencia de *S. spiniki* en arroz producido en Casanare, Tolima, Huila y Norte de Santander, y *S. furcatus* en el Tolima. Toro (2014) reportó la presencia de *S. spiniki* y *S. furcatus* en cultivos de arroz en los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar, Magdalena, Cesar, Norte de Santander, Valle del Cauca, Tolima, Huila y Meta.

Steneotarsonemus spiniki se reproduce tanto sexualmente como por partenogénesis arrenotoca, es decir, que hembras vírgenes dan origen a machos. Esta estrategia reproductiva contribuye a incrementar rápidamente las poblaciones (Navia *et al.*, 2010). Santos *et al.* (1998) determinaron las generaciones de *S. spiniki* para las diferentes zonas productoras de arroz en Cuba e indicaron una duración del ciclo de vida (huevo-adulto) de 12.2 días a 20 °C, de 5.11 días a 29 °C y de 4.9 días a 34 °C; en el día 15 sólo ocurrió el desarrollo del embrión. El umbral mínimo de desarrollo fue 16.1°C para el período embrionario, 15.9 °C para el desarrollo larval y de 16.1 °C para el ciclo total. En estudios realizados por Ramos y Rodríguez, (2000) y Almaguel *et al.*,(2004) se demostró también el efecto de la temperatura en la duración del desarrollo de huevo a adulto. A 20, 24, y 30 °C, la duración fue de 11, 7, y 3 días respectivamente. Resultados similares obtuvieron Lo y Hor (1979) y Xu *et al.*, (2001) en trabajos realizados con poblaciones de *S. spiniki* en Asia donde encontraron que a 20°C la duración huevo-adulto fue de 13-17 días y de 3-8 días a 30°C.

El presente trabajo tuvo como objetivo obtener información clave sobre esta especie de ácaro que ha tenido un impacto negativo en la producción del cultivo del arroz en diversos países. Aunque en Colombia no se conocen reportes sobre la evolución de las poblaciones de *S. spiniki* en las diferentes zonas arroceras del país, se consideró importante conocer sus principales aspectos biológicos y de comportamiento, así como algunos de los parámetros de la tabla de vida del ácaro en desarrollo en vainas de la planta de arroz. Se espera que los resultados

obtenidos en esta investigación sean una herramienta que aporte información a la hora de planear estrategias de manejo integrado para esta plaga.

Materiales y métodos

Para obtener los ácaros que se utilizaron en el estudio de ciclo de vida, se estableció una colonia en casa de malla en la zona de estudio, mediante la siembra semanal en materas de 20 plantas de la variedad de arroz Fedearroz 473. Estas siembras se hicieron en jaulas de 2 x 1 x 1 m. que fueron forradas con muselina para prevenir la entrada de insectos y/o ácaros del arroz que no eran objeto de estudio. Las materas permanecieron con lámina de agua, que fue cambiada semanalmente con el fin de evitar la contaminación por hormigas.

Los estudios se realizaron en condiciones de laboratorio a 27 ± 3 °C y $85 \pm 5\%$ H.R, utilizando plantas de arroz de aproximadamente 75 días después de la emergencia; para el estudio, en cada planta se usó la hoja principal o bandera. En cada hoja se hizo una herida en el haz sobre la nervadura central de aproximadamente 0.5 cm de largo por 0.2 cm de ancho, se dejaron al descubierto las recámaras internas donde se colocó una hembra adulta con el fin de obtener huevos. Después de 6 h ésta fue retirada y los huevos se individualizaron en recámaras similares, como se describió anteriormente. Dos veces diarias se hicieron observaciones de una cohorte inicial de 100 individuos, registrando los cambios y la sobrevivencia de cada uno de los estados de desarrollo hasta adulto y el momento cuando se observó el estado de pupa-larva (estado de desarrollo inmóvil que ocurre entre la larva y el adulto).

Una cohorte de 30 hembras ya copuladas fue individualizada en cámaras de las hojas bandera, en la forma como se describió antes para los estudios de desarrollo. Diariamente se contabilizó el número de huevos puestos por cada hembra y se registró la sobrevivencia hasta cuando todas las hembras murieron. Los ácaros adultos obtenidos se montaron en medio Hoyer Krantz (1978), para ser revisados en microscopio de contraste de fases, con

el objeto de confirmar su sexo y establecer la relación macho:hembra. La proporción de machos se calculó dividiendo el número de hembras sobre el total de la población obtenida. Los parámetros calculados de la tabla de vida fueron: la tasa de reproducción neta (R_0), la tasa intrínseca de crecimiento (r_m), el tiempo medio generacional (T), el tiempo de duplicación (T_d) y la tasa finita de crecimiento (λ). Se utilizó la técnica de Jackknife implementada por Maia *et al.* (2000) con el software estadístico SAS (SAS, 2000) y las ecuaciones respectivas (Andrewartha y Birch, 1954; Rabinovich, 1980).

Resultados y discusión

Durante el desarrollo del ácaro *S. pinki* se identificaron los estados de huevo, larva, pupa-larva y adulto. Los huevos son semirredondos, totalmente traslucidos recién puestos; la hembra normalmente los ubica en masas aunque ocasionalmente también se observan separados. En la medida que avanza la etapa de desarrollo se tornan de un color blanquecino turbio, lo que indica que se encuentran próximos a su eclosión. Cuando la larva emerge tiene forma ovalada alargada; recién nacida es de color traslucido, hexápoda y muy móvil, y en la medida en que se desarrolla se torna de color blanquecino con una mancha blanca en la parte

ventral. Las larvas se transforman en ‘pupas larvales’, estado de desarrollo inmóvil, aunque fisiológicamente activo; son de forma ovalada con los extremos bien agudos, de color blanco hialino y una mancha blanca de forma rectangular. Durante este estado no se alimentan y son cargadas y transportadas por el macho sobre el dorso. Los machos caminan rápidamente y se mantienen muy activos, buscando una pupa-larva, la que levantan con ayuda del último par de patas, la fijan por la papila genital masculina al extremo posterior de su cuerpo y las cargan a medida que caminan, hasta la emergencia del adulto hembra. La cópula se realiza por lo general casi inmediatamente emerge el adulto hembra. Una vez copulan se separan. Los adultos hembras presentan idiosoma alargado, de mayor tamaño que los machos. Las características morfológicas observadas en los adultos son similares a las descritas por Hummel *et al.*, (2009) y Ramos y Rodríguez (2001).

Bajo las condiciones del estudio la duración del desarrollo de huevo hasta adulto fue de 3.5 días, siendo el periodo de incubación de los huevos el más prolongado del ciclo con una duración de 1.4 días (Cuadro 1). Este tiempo coincide con la duración reportada a 30°C en condiciones de laboratorio por Ramos y Rodríguez, (2001) y Almaguel *et al.* (2003).

Cuadro 1. Duración de los diferentes estados inmaduros de *Steneotarsonemus pinki* en hoja bandera de arroz^a.

Estado de desarrollo	Duración de estados inmaduros (días)			n	Sobrevivencia (%)
	Promedio ± E.S.	Mínimo	Máximo		
Huevo	1.4 ± 0.37	0.5	3.2	100	100
Larva	0.7 ± 0.35	0.1	1.3	97	95
Ninfa	0.6 ± 0.20	0.1	1.0	95	43
Total	3.5 ± 2.3	0.9	7.7	95	

a. En laboratorio a 27 ± 3 °C, 85 ± 5% de HR y 12 h luz de fotoperíodo.

La relación de sexos (hembra: macho) fue de 11.5:1, que contrasta con los encontrados por Zhang (1984) de 22:1, 32:1 a 32°C, y 8:1 a 28°C, en condiciones de campo. La sobrevivencia de la especie (lx) (Figura 1) reveló una tendencia curva en la cual las

larvas presentaron alta sobrevivencia debido, posiblemente, a que se desplazan muy poco del área de alimentación; mientras que en el estado de pupa-larva la mortalidad aumentó debido, probablemente, a que en este estado los individuos son cargados y

transportados sobre el dorso del macho, quien camina rápidamente y permanece en constante movimiento. Una vez las hembras copularon presentaron un periodo de pre-oviposición de 0.46 días, la duración promedio del periodo de oviposición fue de 8.08 días y la mayor producción de huevos ocurrió entre

4 y 8 días de vida de la hembra (Cuadro 2). La fecundidad total (Mx) de *S. spinki* fue de 43 huevos/hembra, lo que es equivalente a 4.43 huevos/hembra por día (Figura 2). Estos valores fueron menores que los obtenidos en laboratorio por Xu *et al.* (2001) de 55.5 huevos/hembra entre 24.5 y 35.4°C.

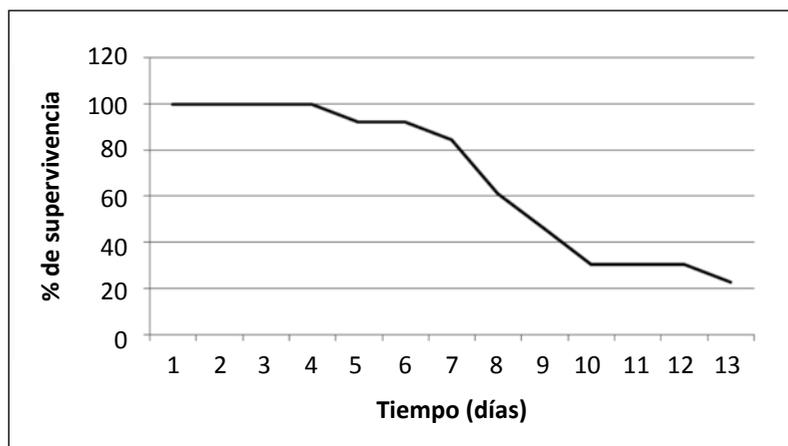


Figura 1. Curva de supervivencia de *Steneotarsonemus spinki* (Lx).

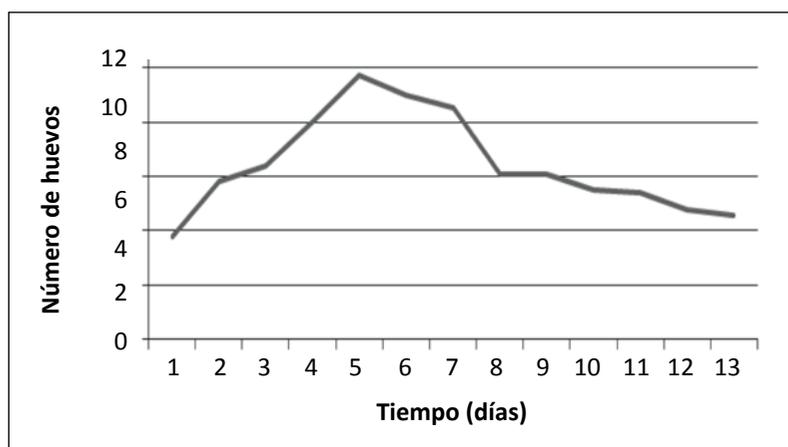


Figura 2. Oviposición diaria de la hembra de *Steneotarsonemus spinki* (Mx).

Cuadro 2. Duración de los periodos reproductivos y longevidad (días \pm E.S.) de *Steneotarsonemus spinki* en hoja bandera de arroz^a.

Periodos (días)	Duración de los periodos reproductivos (días)			n
	Promedio	Mínimo	Máximo	
Pre-oviposición	0.46 \pm 0.6	0	2.0	13
Oviposición	8.08 \pm 3.5	4.0	13.0	13
Pos-oviposición	0.38 \pm 0.5	0	1.0	13
Longevidad	8.92 \pm 2.9	4.0	13.0	13

a. En laboratorio a 27 \pm 3 °C, 85 \pm 5% de HR y 12 h luz de fotoperiodo.

Los parámetros de la tabla de vida de *S. spinki* obtenidos en este estudio confirman la celeridad de crecimiento de las poblaciones de este ácaro y explican las causas por las cuales se convirtió en una plaga de importancia en el cultivo de arroz. Estos parámetros muestran una tasa reproductiva neta (R_0) de 52.72, una tasa intrínseca de crecimiento natural (r_m) de 1.36%, una tasa finita de multi-

plicación (λ) de 3.88, un tiempo generacional (T) de 4.59 días y un tiempo de duplicación (T_d) de 0.51 días (Cuadro 3). Los valores obtenidos para r_m o tasa de crecimiento de la población demuestran la capacidad biológica que presenta *S. spinki* y permiten entender el impacto de su actividad en campo cuando encuentra condiciones favorables para su multiplicación y desarrollo.

Cuadro 3. Parámetros de la tabla de vida de *Steneotarsonemus spinki* en hoja bandera de arroz^a.

Evento	Promedio
R_0 : Tasa Reproductiva Neta	52.72
r_m : Tasa intrínseca de crecimiento natural	1.36
λ : Tasa finita de multiplicación	3.88
T_d : Tiempo de duplicación (días)	0.51
T : Tiempo generacional	4.59
Promedio huevos/hembra por día	4.43
Promedio total huevos/hembra	43.00

a. En laboratorio a 27 ± 3 °C, $85 \pm 5\%$ de HR y 12 h luz de fotoperíodo.

Conclusiones

- Los parámetros poblacionales de *S. spinki* obtenidos en las condiciones de este trabajo indican que esta especie puede ocasionar daños severos y reducir la producción en el cultivo del arroz en Colombia, así como los registrados para otros países de Centroamérica y el Caribe.
- Por el hábito de alimentación y reproducción de este ácaro en el interior de la vaina de la hoja de las espigas en formación, fue necesario desarrollar una metodología para hacer las observaciones sobre la biología y comportamiento reproductivo, lo que confirma la dificultad que tienen los productores para lograr un control efectivo sobre el ácaro y sugiere la necesidad de realizar estudios con enemigos naturales y otras estrategias de manejo que puedan llegar a estas estructuras de la planta.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz) por la financiación del Proyecto Dinámica Poblacional y

Estudio de la Incidencia del Ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) sobre el Desarrollo Fenológico del Arroz en Colombia. Al Grupo de Investigación de Acarología de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. A Norbey Marín, por su aporte en los análisis estadísticos de la presente investigación.

Referencias

- Almaguel, L.; Rojas, A.; De la Torre, P.; Botta, E.; Hernández, J.; Cáceres, I. y Ginarte, A. 2003. Dinámica de población e indicadores ecológicos del ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley 1967 (Acari: Tarsonemidae) en arroz de riego en Cuba. Fitosanidad 7(1):23 - 24.
- Almaguel L; Torres, P.E.; y Cáceres, I. 2004. Suma de temperaturas efectivas y potencial de multiplicación del ácaro del vaneado del arroz (*Steneotarsonemus spinki* Smiley) en Cuba. Fitosanidad 8:37 - 40.
- Almaguel, L. y Botta, E. 2005. Manejo integrado de *Steneotarsonemus spinki*, Smiley. Resultados de Cuba y transferencia para la región de Latinoamérica y el Caribe. Curso de Posgrado de Acarología, Introducción a la Acarología Agrícola. La Habana, Cuba. 44 p.

- Andrewartha, H. G. y Birch, L. C. 1954. The Distribution and abundance of animals. The University of Chicago Press, Chicago. 782 p.
- Cabrera, I. M.; Ramos, M.; y Fernández, B. M. 2003. Factores que influyen en la abundancia de *Steneotarsonemus spinki* en arroz en Cuba. Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (MIP). Agroecol. 69:34-37.
- Cabrera, R. I.; Garcia, A.; Otero-Colina, G.; Almaguel, L.; y Ginarte, A., 2005. *Hirsutella nodulosa* and other fungus species associated to the rice tarsonemid mite *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en Cuba. Folia Entomol. Mex. 44(2):115 – 121.
- CRRRI (Central Rice Research Institute). 2006. A new alternate host of rice panicle mite. CRRRI Newsl. 27(3):10.
- Cheng, CH. y Chui YI. 1999. Review of changes involving rice pests and their control measures in Taiwan since 1945. Taipei. *Plant Prot. Bull.* 41(1):9-34.
- Cho, M. R.; Kim, D. S.; e Im, D. S.; 1999. A new record of tarsonemid mite *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) and its damage on rice in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 38:157-164.
- Chow, Y. S; Tzean, S. S; Chang, C, S; y Wang, C. H. 1980. A morphological study of the tarsonemid mite *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Tarsonemidae). *Plant Prot. Bull.* 22:17-21.
- Díaz, F.; Abud, A.; y González, M. 1999. El ácaro de la panícula del arroz. *Fersan Informa* 24:11-12.
- García, M. P. 2005. Vaneamiento y manchado de grano en cultivos de arroz en Panamá. *Rev Arroz* 53(455).
- González, M.; y Cárdenas, R. M. 2003. Influencia de factores bióticos en el comportamiento del vaneo del grano en variedades y líneas de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales* 24:41-44.
- Hummel, N. A.; Castro, B. A.; McDonald, E. M; Pellerano, M. A; y Ochoa, R. 2009. The panicle rice mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley, a re-discovered pest of rice in the United States. *Crop Prot.* 28.547–560.
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 2005. Resolución No. 001195 de 2005. Diario Oficial, edición 45.892. Miércoles 27 abril de 2005. Bogotá, Colombia, p. 17.
- Jiang, P. Z.; Xie, X. J.; Chen, W. X.; Cao, S. Y.; y Liang, Z.H. 1994. Regularity of incidence of *Steneotarsonemus spinki*. *Guandong. Agric. Sci.* 5:37–40.
- Kim D. S.; Lee M. H., e Im D. J. 2001. Effect of dust mite incidence on grain filling and quality in rice. *Korean J. Crop Sci.* 46:180-183.
- Krantz, G. W. 1970. A manual of Acarology. First edition. OregonState University Book Stores, Inc. Corvallis, 335 p.
- Lo, K. C.; y Ho, C. C. 1979. Ecological observations on rice tarsonemid mite, *Steneotarsonemus spinki* (Acarina: Tarsonemidae). China. *J. Agric. Res.* 28(3):181-192.
- Lo, K. C.; y Hor, C. C. 1977. Preliminary studies on rice tarsonemid mite *Steneotarsonemus spinki* (Acarina: Tarsonemidae). *Nat. Sci. Counc. Mon.* 5 (4):274-284.
- Maia, A. de H. N.; Luiz, A. J.; y Campanhola, C. 2000. Statistical inference on associated fertility life parameters using Jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93(2):511-518.
- Nandakumar, R.; Rush, M.C.; y Correa, F. 2007. Association of *Burkholderia glumae* and *B. gladioli* with Panicle Blight Symptoms on Rice in Panama. *Plant Dis.* 91:767.
- Navia, D.; Mendonça, R. S.; y de Melo, L. A. 2005. *Steneotarsonemus spinki* –an invasive tarsonemid mite threatening rice crops in South America. En: *Plant Protection and Plant Health in Europe, Introduction and Spread of Invasive Species.* Humboldt University, Berlin, Alemania. 9 - 11 June 2005.
- Navia, D.; Mendonça, R. S.; y Ochoa, R. 2010. The rice mite *Steneotarsonemus spinki*, an invasive species in the Americas. Springer Science+Business Media B. V. 2010.
- Ochoa, R.; Smiley, R. L.; y Saunders, J. L. 1991. The family Tarsonemidae in Costa Rica (ACARI: Heterostigmata). *Int. J. Ácarol.* 17:41–86.
- Ou, Y. T.; Fang, H. C.; y Tseng, Y. H. 1977. Studies on *Steneotarsonemus madecassus* Gutierrez of rice. *Plant Prot. Bull.* 19:21-29.
- Rabinovich, J. E. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología, A. C. 1a. ed. Compañía editorial continental, México. 287 p.
- Ramos, M.; y Rodríguez, H. 1998. *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae): Nuevo informe para Cuba. *Rev. Protec. Veg.* 13:25-28.
- Ramos, M. y Rodríguez, H. 2000. Ciclo de desarrollo de *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en laboratorio. *Rev. Prot. Veg.* 15(2):51-52.
- Ramos, M.; Gómez, C.; y Cabrera, R. I. 2001. Presencia de *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en cuatro variedades de arroz en la Republica Dominicana. *Rev. Protec. Veg.* 16:6-9.
- Ramos, M.; y Rodríguez, H. 2001. Aspectos biológicos y ecológicos de *Steneotarsonemus spinki*

- en arroz, en Cuba. Manejo Integrado de Plagas (MIP) 61:48-52.
- Rao, J.; Prakash, A.; Dhanasekharan, S.; y Ghosh, S. K. 1993. Observations on rice tarsonemid mite *Steneotarsonemus spinki*, white-tip nematode and sheath-rot fungus interactions deteriorating grain quality in paddy fields. *J. Appl. Zool. Res.* 4:89-90.
- Rao, J.; y Prakash, A. 1996. *Cynodon dactylon* (Linn.) Pers. (Graminae): an alternate host of rice tarsonemid mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley. *J. Appl. Zool. Res.* 7:50-51.
- Rao, J. y Prakash, A. 2002. Paddy field weed, *Schoenoplectus articulatus* (Linn.) Palla (Cyperaceae): a new host of tarsonemid mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley and panicle thrips, Haplothrips ganglbaureri Schmutz. *J. Appl. Zool. Res.* 13:174-175.
- Reissig, W. H.; Heinrichs, E. A.; Litsinger, J. A.; Moody, K.; Fiedler, L.; Mew, T.W.; y Barrion, A.T. 1986. Illustrated guide to integrated pest management in rice in tropical Asia. Manila (Filipinas). International Rice Research Institute. p. 228 - 232.
- SAS Institute Inc. 2000. SAS User's guide version 8.1. SAS Institute, Cary, North Carolina, E.U.
- Sanabria, C.; y Aguilar, H. 2005. El ácaro del vaneó del arroz (*Steneotarsonemus spinki* L: Tarsonemidae). Boletín Fitosanitario, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica, 16 p.
- Santos, A.; Almaguel, L.; de la Torre, P.; Cortiñas, J.; y Cáceres, I. 1998. Duración del ciclo de vida en condiciones controladas del ácaro *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en arroz (*Oryza sativa* L.) en Cuba. Primer Encuentro Internacional de Arroz, Palacio de Convenciones. La Habana. 1998. p. 187.
- Sawada, K. 1922. Descriptive Catalogue of the Formosan Fungi II. Rept. Dept. Agr. Gov. Res. Inst. Formosa. 2. p. 1 - 173.
- Tseng, Y. H. 1984. Mites associated with weeds, paddy rice, and upland rice fields in Taiwan. En: Griffiths, Bowman (eds.). Ácarology VI, vol. 2. Ellis Horwood, Chichester, Reino Unido. p. 770-780.
- Toro, S. S. 2014. Dinámica poblacional y estudio de la incidencia del ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) sobre el desarrollo fenológico del arroz en Colombia. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Repositorio Institucional UN.
- Xu, G. L.; Wu, H. J.; Huan, Z. L.; y Wan, M. 2001. Study on reproductive characteristic of rice mite, *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae). *Systematic Appl. Ácarol.* 6:45-49.
- Xu, G. L.; Wu, H. J.; Tong, X. L. 2002. Studies on stress resistance of *Steneotarsonemus spinki* Smiley. *Plant Prot.* 28(5):18-21.
- Zhang, B. D. 1984. Preliminary observations on the biological characteristics of *Steneotarsonemus spinki* Smiley. *Insect Knowledg.* 18:55-56.