

Estado y Perspectivas del Cambio Climático en México: Salud (Enfermedades zoonóticas)

Constantino González-Salazar¹, Gabriel García Peña², Heliot Zarza Villanueva³, Alejandra Aguirre-Peña¹, Karla Paola J. Fernández-Castel¹, Itzel Eugenia Saldaña Rangel¹, Ingeborg Becker⁴, Christopher R. Stephens^{2,5}

Introducción

El cambio climático antropogénico es reconocido como una amenaza a la salud humana. Los impactos pueden ser de forma directa, relacionados principalmente con cambios en la frecuencia de eventos meteorológicos extremos (ej. olas de calor, sequías) (Berrang-Ford et al., 2021) y de forma indirecta, mediados por el efecto en los sistemas naturales que pueden alterar la dinámica de ciclos de vida de algún patógeno particular (Mills et al., 2010). En el segundo caso tenemos las enfermedades de origen zoonótico, que de forma natural son transmisibles entre animales vertebrados/invertebrados y humanos. Estas enfermedades involucran una amplia gama de patógenos, incluidos virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos (Patz et al., 2005; Shimshony, 2008; Buhnerkempe et al., 2015). A nivel mundial, alrededor del 70% de enfermedades infecciosas que afectan a los humanos se originaron a partir de patógenos que circulan en animales silvestres o domésticos (patógenos zoonóticos) (Acha y Szyfres, 2003; Bueno-Marí et al., 2015). De la amplia gama de vectores potenciales de estos patógenos, los artrópodos son probablemente los de mayor importancia debido a su abundancia, alta plasticidad, adaptabilidad y coevolución a diferentes tipos de patógenos, así como altos grados de sinantropismo en varios grupos (ej. chinches, garrapatas, mosquitos) (Patz, et al., 2005; Bueno-Marí, et al., 2015). El cambio climático puede modificar la dinámica de las enfermedades zoonóticas a través de varios mecanismos, modificando el ciclo de desarrollo del patógeno, cambios en la distribución, a nivel poblacional y fenológicos de

¹ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México.

² Centro de Ciencias de la Complejidad, Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México.

³ Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma, Estado de México, México.

⁴ Unidad de Investigación en Medicina Experimental, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México.

⁵ Instituto de Ciencias Nucleares, Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México.

los vectores y hospederos. Estos efectos pueden ser individuales (ej., solo en vectores) o combinados (ej., patógeno-vector), por lo cual, se debe implementar una aproximación ecosistémica para evaluar el efecto del cambio climático sobre los diferentes agentes causales (patógenos, vectores, hospederos) de una enfermedad particular.

Estado del conocimiento sobre cambio climático y zoonosis en México

Para conocer el estado del conocimiento sobre cambio climático y su efecto sobre los agentes causales de enfermedades zoonóticas en México, se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura científica. Para la búsqueda se consideraron nueve enfermedades que se pueden agrupar de acuerdo al patógeno en víricas, parasitarias y bacterianas, además, en la mayoría el vector es un insecto (véase **Tabla 1**).

Tabla 1. Enfermedades zoonóticas presentes en México consideradas en la revisión, con sus agentes etiológicos, vectores y huéspedes vertebrados.

Enfermedad	Patógeno	Vector	Hospederos
Fiebre del Dengue	Virus del Dengue	Mosquitos (<i>Aedes aegypti</i> , <i>Ae. albopictus</i>)	Humanos y murciélagos
Fiebre del Zika	Virus de Zika	Mosquitos (<i>Aedes aegypti</i>)	Humanos
Fiebre Chikunguña	Virus de Chikunguña	Mosquitos (<i>Aedes aegypti</i>)	Humanos
Síndrome Pulmonar por hantavirus	Orthohantavirus	-	Mamíferos roedores
Fiebre del Nilo	Virus del Oeste del Nilo	Mosquitos (<i>Culex quinquefasciatus</i>)	Aves
Enfermedad de Lyme	<i>Borrelia</i> sp	No se han identificado en México	Humanos
Leptospirosis	<i>Leptospira</i> sp.	-	Mamíferos roedores y domésticos, humanos
Leishmaniasis	<i>Leishmania mexicana</i> , <i>L. braziliensis</i> , <i>L. infatum</i> , <i>L. donovani</i>	Flebótomos (<i>Lutzomyia</i> sp)	Diversos mamíferos y humanos
Enfermedad de Chagas	<i>Trypanosoma cruzi</i>	Chinches (<i>Triatoma</i> sp)	Diversos mamíferos y humanos

Se mencionan solo los tipos de vectores y hospederos identificados en México

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la revisión, hasta la fecha se carecen de estudios enfocados explícitamente a documentar si el cambio climático contemporáneo ha tenido un efecto sobre las zoonosis presentes en México, ya sea, i) modificando la incidencia de la enfermedad y generando brotes epidémicos (i.e. aumento inusual del número de casos de una enfermedad particular), ii) alterando la dinámica de transmisión de las zoonosis entre sus agentes causales, iii) que ciertas especies de vectores, hospederos o patógenos sean registradas en sitios donde históricamente han sido ausentes.

La mayoría de los estudios encontrados se enfocan en evaluar el efecto de variables meteorológicas (ej., temperatura, precipitación) sobre la presencia de casos clínicos o vectores de algunas zoonosis, sin embargo, la mayoría de los estudios están enfocados en la presencia del virus del Dengue y sus mosquitos vectores (véase **Figura 1**). Aunque, la fiebre del Dengue es la enfermedad vírica transmitida por mosquitos con mayor incidencia en México, (Dantes et al. 2014), el desbalance en investigaciones sobre enfermedades genera vacíos de información sobre un gran número de temas que deben ser prioritarios para evaluaciones de riesgo de la emergencia y reemergencia de las diferentes zoonosis (véase Figura 1, color rojo).

Figura 1. Frecuencia de los temas de investigación presentes en la literatura revisada sobre clima, variables meteorológicas, eventos extremos, cambio climático y agentes causales de las enfermedades zoonóticas en México.

	Variables			Eventos extremos						Escala			Tópico			Origen				
	Temperatura	Precipitación	Humedad	Niño/Niña	Eventos de calor	Eventos fríos	Sequías	Inundaciones	Huracanes	Incendios	Global	Nacional	Estatal	Municipal	Impactos observados	Impactos futuros	Mitigación	Adaptación	Investigación nacional	Investigación internacional
Enfermedades víricas	26	25	9	6	0	0	0	0	0	0	8	4	8	3	21	3	5	0	16	10
Dengue-patógeno	19	17	4	6	0	0	0	0	0	0	5	3	8	3	17	2	5	0	10	7
Zika-patógeno	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	2	1	1	0	0	3
Chikunguña-patógeno	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
Virus del Nilo-patógeno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mosquitos-vectores	10	10	4	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	3	4	2	2	0	8	2
Hantavirus-patógeno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Roedores-vectores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enfermedades parasitarias	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	1	2	2	0	3	1
Chagas-patógeno	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
Leishmaniasis-patógeno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chagas-vectores	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	2	0
Leishmaniasis-vectores	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2	0
Enfermedades bacterianas	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1	1
Lyme-patógeno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lyme-vectores	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Leptospirosis	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Leptospirosis-vectores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Los totales no son acumulativos ya que las categorías no son mutuamente excluyentes (es decir, un artículo podría incluir datos sobre más de un tema).

Fuente: Elaboración propia

Cambio climático contemporáneo

Aunque en la revisión de literatura no se presentan estudios enfocados explícitamente a evaluar el efecto del cambio climático contemporáneo sobre las enfermedades zoonóticas, a continuación, se describen cuatro posibles efectos del cambio climático. Estos efectos pueden darse tanto de forma individual como combinada. Para cada caso se presentan ejemplos de los resultados encontrados en la literatura revisada que pueden ser una base para evaluaciones de cambio climático:

1. Cambios en la prevalencia de la infección pueden asociarse con cambios en temperatura y/o precipitación.

En México se ha documentado que la variabilidad climática está estrechamente relacionada con la incidencia de Dengue, principalmente con incrementos en temperatura y precipitación (Hurtado-Díaz et al. 2007; Colón-González et al., 2011). Las mayores incidencias de casos de Dengue se observan en temporada de lluvias (junio-octubre; Colón-González et al., 2011; Dantes et al., 2014). De forma similar, la enfermedad de Chagas tiene una estacionalidad definida con las mayores la incidencia de casos en las estaciones de primavera y verano (Ibáñez-Cervantes et al., 2019). Para la Leptospirosis (enfermedad bacteriana) se ha reportado una relación positiva entre las mayores incidencias y la temporada de mayor lluvia en Yucatán (Vado-Solís et al., 2002). La estrecha relación entre las estaciones y la incidencia de casos clínicos son un indicativo del potencial de cambio temporal que se puede dar por las alteraciones en temperatura y precipitación ante el cambio climático.

2. El cambio climático tiene el potencial de reducir o ampliar la distribución de vectores, hospederos y patógenos, transformando regiones que antes eran inhabitables en hábitats favorables.

Estudios en México han documentado la presencia de *Ae. aegypti* (principal mosquito transmisor del Dengue) en altitudes mayores a sus límites originales (<1,200 msnm) en Xalapa, Veracruz (Equihua et al., 2017) y Ciudad de México (Mejía-Guevara et al., 2020).

Sin embargo, en estos estudios no se evalúa la presencia de algún patógeno, ni el posible rol del clima o cambios en el paisaje que hayan favorecido estos movimientos. Un caso similar se ha observado para varias especies de triatominos (chinchas vectores del patógeno de la enfermedad de Chagas), quienes han comenzado a ser registradas en zonas templadas y a mayores altitudes. En este caso se han registrado individuos positivos al patógeno (*Trypanosoma cruzi*) y se observa un efecto combinado de la modificación del paisaje e incremento en la temperatura en la presencia de estas especies (González-Salazar et al., 2022).

3. El cambio climático puede generar cambios en las poblaciones de vectores y hospederos, incrementando sus abundancias, favoreciendo ciclos de vida más cortos y/o cambios estacionales en su reproducción.

Análisis de los patrones de abundancia de *Ae. aegypti* han encontrado una relación positiva con mayores precipitaciones en Baja California Sur y Morelos (Tovar-Zamora et al., 2019; Betanzos-Reyes et al., 2018). Para *Triatoma dimidiata*, vector de *T. cruzi*, se ha registrado que el mayor número de casas infestadas por este vector se asocia positivamente con valores altos de temperatura y precipitación (Guzmán-Gómez et al., 2021)

4. Cambios en la carga de patógenos por cambios en las tasas de reproducción, replicación o desarrollo en los vectores.

Estudios de laboratorio han documentado que temperaturas altas aceleran el desarrollo de *Trypanosoma cruzi* (agente etiológico de la enfermedad de Chagas) en los vectores (Asin y Catala, 1995; Carcavallo, 1999; Tamayo et al., 2018). Sin embargo, este tipo de estudios se han realizado en Sudamérica y no hay observaciones en campo que evalúen este efecto y sus repercusiones en la prevalencia de los patógenos en las poblaciones de vectores o en la emergencia de casos clínicos.

Proyecciones

Contrario a la falta de estudios que evalúen el efecto del cambio climático contemporáneo; se tiene un cierto número de trabajos que buscan inferir el posible efecto del cambio climático en la distribución de vectores de algunas enfermedades. Estos trabajos han utilizado los clásicos modelos de nicho ecológico (Peterson et al. 2011) que relacionan

mapas de condiciones climáticas actuales y registro de presencias para proyectarlas a distintos escenarios de cambio climático.

Para México se han realizado proyecciones de la distribución de mosquitos (*Aedes*) vectores de los virus de Dengue, Zika y Chikunguña (Yañez-Arenas et al., 2018; Lubinda et al., 2019); de chinches (*Triatoma* sp) vectores de *T. cruzi* (Carmona-Castro et al., 2018; González-Salazar et al., 2020), de garrapatas (*Ixodes* sp.) vectores de *Borrelia* sp. (Feria-Arroyo et al., 2014) y para flebótomos (*Lutzomyias* sp) vectores de *Leishmania* sp (González et al., 2010, Moo-Llanes et al., 2013). El resultado general de estas aproximaciones es un incremento en las zonas con condiciones climáticas favorables para la presencia de estos vectores, y consecuentemente, el riesgo que las especies incrementen sus áreas de distribución y entre en contacto con nuevas poblaciones humanas.

Aunque el resultado es muy similar para las distintas especies de vectores (posible incremento en sus distribuciones), estos resultados deben tomarse con reserva de acuerdo a los datos biológicos y climáticos que se utilizan. La mayoría de los trabajos utilizan información geográfica de vectores que carecen de información epidemiológica, es decir, no hay información asociada con la presencia de patógenos en los registros utilizados. En ciertos casos puede suceder que la presencia registrada del patógeno (casos clínicos) sea mayor que los registros de sus vectores, en este caso se daría una subestimación de la distribución del patógeno y lo sitios considerados como incrementos de áreas pueden actualmente contar con la presencia de los patógenos. Esta situación se debe a la falta trabajos multidisciplinarios en esta área (ej. ecología y epidemiología), por ejemplo, en la mayoría de los estudios no se realiza una revisión de la distribución conocida de los patógenos previo a realizar las proyecciones de los vectores. Además, no se considera el grado de incertidumbre asociada a los distintos métodos, modelos de clima y escenarios de emisiones que sin duda repercuten en los resultados obtenidos.

Perspectivas

Considerando los vacíos de información detectados en la revisión realizada, se identifican posibles líneas de investigación a realizar en el corto y mediano plazo:

- Desarrollo de investigación inter-, multi- y transdisciplinaria que busque analizar las tendencias históricas de incidencia de enfermedades zoonóticas y su relación con los cambios climáticos observados.
- Impulsar investigaciones con una perspectiva ecosistémica donde se evalúe el efecto del cambio climático en varios agentes causales (ej. patógeno-vector, vector-hospedero, patógeno-hospedero, patógeno-vector-hospedero).
- Desarrollar marcos teóricos y analíticos para estimar efectos del cambio climático en variables poblacionales (ej., abundancia), fenológicos (ej., cambios estacionales en reproducción) y de comportamiento (ej., alimentación).
- Evaluar el papel de eventos extremos en la presencia/ausencia de patógenos vectores, hospederos y casos clínicos.
- Realizar trabajo de monitoreo que evalúe la presencia de patógenos en los vectores y hospederos muestreados.
- Implementar métodos analíticos para inferir especies candidatas a vectores u hospederos de ciertos patógenos para dirigir esfuerzos de muestreo.

Referencias

- Acha, PN, Szyfres, B. 2003. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. Vol. II Clamidiosis, Rickettsiosis y virosis. Organización Panamericana de la Salud. E.U.A
- Asin, S y Catala, S. 1995. Development of *Trypanosoma cruzi* in *Triatoma infestans*: influence of temperature and blood consumption. The Journal of parasitology, 1-7.
- Berrang-Ford, L, Sietsma, AJ, Callaghan, M, Minx, JC, Scheelbeek, PF, Haddaway, NR, Haines, A., Dangour, AD. 2021. Systematic mapping of global research on climate and health: a machine learning review. The Lancet Planetary Health, 5(8), e514-e525.
- Betanzos-Reyes, ÁF, Rodríguez, MH, Romero-Martínez, M, Sesma-Medrano, E, Rangel-Flores, H, Santos-Luna, R. 2018. Association of dengue fever with *Aedes* spp. abundance and climatological effects. salud pública de méxico, 60, 12-20.
- Bueno-Marí, R, Almeida, A, Navarro, JC. 2015. Emerging zoonoses: eco-epidemiology, involved mechanisms, and public health implications. Frontiers in Public Health, 3, 157
- Buhnerkempe, M.G., et al. 2015. Eight challenges in modelling disease ecology in multi-host, multi- agent systems. Epidemics 10, 26–30
- Carcavallo, RU. 1999. Climatic factors related to Chagas disease transmisión. Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz, 94, 367–369.
- Carmona-Castro, O, Moo-Llanes, DA, Ramsey, JM. 2018. Impact of climate change on vector transmission of *Trypanosoma cruzi* (Chagas, 1909) in North America. Medical and veterinary entomology, 32(1), 84-101.
- Colón-González, FJ, Lake, IR, Bentham, G. 2011. Climate variability and dengue fever in warm and humid Mexico. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 84(5), 757.
- Dantes, H.G, Farfan-Ale, JA, Sarti, E. 2014. Epidemiological trends of dengue disease in Mexico (2000–2011): a systematic literature search and analysis. PLoS Neglected Tropical Diseases, 8(11), e3158.
- Equihua, M, Ibáñez-Bernal, S, Benítez, G, Estrada-Contreras, I., Sandoval-Ruiz, CA, Mendoza-Palmero, FS. 2017. Establishment of *Aedes aegypti* (L.) in mountainous regions in Mexico: increasing number of populations at risk of mosquito-borne disease and future climate conditions. Acta tropica, 166, 316-327.
- Feria-Arroyo, TP, Castro-Arellano, I, Gordillo-Perez, G, Cavazos, AL, Vargas-Sandoval, M, Grover, A, et al. 2014. Implications of climate change on the distribution of the tick vector *Ixodes scapularis* and risk for Lyme disease in the Texas-Mexico transboundary region. Parasites & Vectors, 7(1), 1-16.
- González C, Wang O, Strutz SE, González-Salazar C, Sánchez-Cordero V, Sarkar S. 2010

- Climate Change and Risk of Leishmaniasis in North America: Predictions from Ecological Niche Models of Vector and Reservoir Species. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 4(1): e585.
- González-Salazar, C, Meneses-Mosquera, AK, Aguirre-Peña, A, Fernández-Castel, KPJ, Stephens, CR, Mendoza-Ponce, A, Velasco, J, Calderón-Bustamante, O, Estrada, F. 2022. Toward New Epidemiological Landscapes of *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastida, Trypanosomatidae) Transmission under Future Human-Modified Land Cover and Climatic Change in Mexico. *Tropical medicine and infectious disease*, 7(9), 221.
- Guzmán-Gómez, D, Salas-González, G, López-Monteon, A, Welsh-Rodríguez, CM, Torres-Montero, J, Dumonteil, E, Waleckx, E, Ramos-Ligonio, A. 2021. Risk factors for infestation by *Triatoma dimidiata* in a rural locality of Veracruz, Mexico, with active transmission of *Trypanosoma cruzi*: weather and rain as factors. *Tropical Medicine & International Health*, 26(8), 916-926.
- Hurtado-Díaz, M, Riojas-Rodríguez, H, Rothenberg, SJ, Gomez-Dantés, H, Cifuentes, E. 2007. Impact of climate variability on the incidence of dengue in Mexico. *Tropical Medicine & International Health*, 12(11), 1327-1337.
- Ibáñez-Cervantes, G., León-García, G., Castro-Escarpulli, G., Mancilla-Ramírez, J., Victoria-Acosta, G., Cureño-Díaz, M. A., ... & Bello-López, J. M. 2019. Evolution of incidence and geographical distribution of Chagas disease in Mexico during a decade (2007–2016). *Epidemiology & Infection*, 147.
- Lubinda, J, Walsh, MR, Moore, AJ, Hanafi-Bojd, AA, Akgun, S, Zhao, B, Barrog, AS, Begum, MM, Jamal, H, Angulo-Molina, A, Haque. U. 2019. Environmental suitability for *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* and the spatial distribution of major arboviral infections in Mexico. *Parasite Epidemiology and Control*, 6, e00116.
- Mejía-Guevara, MD, Correa-Morales, F, González-Acosta, C, Dávalos-Becerril, E, Peralta-Rodríguez, JL, Martínez-Gaona, A., Hernández-Nava, M, Ramírez-Huicochea, C, Rosas-Trinidad, L, Carmona-Pérez, M, Salazar-Bueyes, V, Tapia-Olarte, F, Moreno-García, M. 2020. El mosquito del dengue en la Ciudad de México. Invasión incipiente de *Aedes aegypti* y sus potenciales riesgos. *Gaceta Médica de México*, 156(5), 388-395.
- Mills, JN, Gage, KL, Khan, AS. 2010. Potential influence of climate change on vector-borne and zoonotic diseases: a review and proposed research plan. *Environmental Health Perspectives*, 118(11), 1507-1514.
- Moo-Llanes D, Ibarra-Cerdeña CN, Rebollar-Téllez EA, Ibáñez-Bernal S, González C, et al. 2013 Current and Future Niche of North and Central American Sand Flies (Diptera: Psychodidae) in Climate Change Scenarios. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 7(9): e2421.
- Patz, JA et al. 2005. Health: Ecosystem Regulation of Infectious Diseases. Pp. 391- 415 In Millennium Ecosystem Assessment (Eds). *Ecosystems and Human Well-Being*:

Current State and Trends. Findings of the Condition and Trends Working Group Millennium Ecosystem Assessment Series. Island Press.

- Peterson, AT, Soberón, J, Pearson, RG, Anderson, RP, Martínez-Meyer, E, Nakamura, M, Araújo, MB. 2011. Ecological niches and geographic distributions (MPB-49). In Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49). Princeton University Press.
- Shimshony, A. 2008. Zoonoses remain a significant concern in modern medicine. Infectious Disease News 21, 8.
- Tovar-Zamora, I, Caraveo-Patiño, J, Penilla-Navarro, RP, Serrano-Pinto, V, Méndez-Galván, J, Guerrero-Cárdenas, I, Servín-Villegas, R. 2019. Seasonal variation in abundance of dengue vector in the southern part of the Baja California Peninsula, Mexico. Southwestern Entomologist, 44(4), 885-895.
- Tamayo, LD, Guhl, F, Vallejo, GA, Ramírez, JD. 2018. The effect of temperature increases on the development of *Rhodnius prolixus* and the course of *Trypanosoma cruzi* metacyclogenesis. PLoS Neglected Tropical Diseases. 12, 1–13.
- Vado-Solís, IA, Cárdenas-Marrufo, MF, Laviada-Molina, H, Vargas-Puerto, F, Jiménez-Delgadillo, B, Zavala-Velázquez, JE. 2002. Estudio de casos clínicos e incidencia de leptospirosis humana en el estado de Yucatán, México durante el período 1998 a 2000. Revista Biomédica, 13(3), 157-164.
- Yañez-Arenas, C, Rioja-Nieto, R, Martín, GA, Dzul-Manzanilla, F, Chiappa-Carrara, X, Buenfil-Ávila, A, Manrique-Saide, P, Correa-Morales, F, Díaz-Quiñónez, JA, Pérez-Rentería, C, Ordoñez-Álvarez, J, Vazquez-Prokopec, G, Huerta, H. 2018. Characterizing environmental suitability of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Mexico based on regional and global niche models. Journal of Medical Entomology, 55(1), 69-77.