

ESTIMACIÓN DEL ESFUERZO MÍNIMO DE MUESTREO PARA EL ESTUDIO DE LA RIQUEZA DE ICHNEUMONIDAE (HYMENOPTERA: ICHNEUMONOIDEA) EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE RÍA LAGARTOS, MÉXICO

Ricardo Josué Chan-Canché¹, Alejandra González-Moreno¹✉, Jorge Leirana² y Santiago Bordera³

¹Instituto Tecnológico de Conkal, Yuc. Av. Tecnológico S/N Conkal Yucatán. México. C. P. 97345.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, km 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, s/n, Mérida, Yucatán, México.

³Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. Instituto de Investigación CIBIO (Centro Iberoamericano de Biodiversidad). Universidad de Alicante. Apdo. Corr. 99, 03080. Alicante, España.

✉ Autor de correspondencia: gonzalezmoreale@gmail.com

RESUMEN. A partir de los datos de riqueza de Ichneumonidos capturados por medio de Tampa Malaise en la Reserva de la Biosfera de Ría Lagartos (RBRL, Yucatán, México) se estimó el esfuerzo mínimo de muestreo, para representar la variación temporal y espacial de la riqueza de especies de la Reserva. Para obtener dicha estimación se analizó el esfuerzo de muestreo teniendo en cuenta el número de trampas y número de meses, mediante el estimador no paramétrico Jackknife 1 y su representación en curvas de acumulación. Los análisis de los estimadores fueron realizados mediante el software EstimateS win 900. Los resultados sugieren que el mínimo esfuerzo de muestreo para representar la riqueza espacial y temporal de Ichneumonidae en la RBRL es de 31 semanas con 12 trampas Malaise, para obtener alrededor del 73-74 % de la riqueza estimada del sitio.

Palabras clave: Indicadores, muestreo, riqueza, parasitoides.

Minimum sampling effort for representing the species richness of Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from Ria Lagartos Biosphere Reserve, Mexico

ABSTRACT. From data of the richness of Ichneumonid wasps captured with Malaise traps in the Ria Lagartos Biosphere Reserve (RBRL, Yucatán, México), the minimum sampling effort was calculated for assessing the temporal and spatial variation of species richness from the Reserve. In order to obtain that estimation the sampling effort was analyzed taking into account traps number and months, using the non-parametric Jackknife 1 estimator and accumulation curves. This was done using EstimateS win 900 package. Results suggest that the minimum effort for representing spatial and temporal variation of Ichneumonidae is 31 weeks and 12 malaise traps. In both cases the 73-74% of the richness of the site is obtained.

Keywords: Indicators, sampling, richness, parasitoids.

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de 30 años, se han realizado numerosos esfuerzos para catalogar las especies que habitan el planeta. Sin embargo, pese a esos esfuerzos, sólo conocemos una pequeña fracción de su biodiversidad; muchos científicos están preocupados porque gracias a esos estudios, ahora somos conscientes que documentar la totalidad de la biodiversidad que habita en el mundo, es prácticamente imposible, por los costos que implica y porque no es suficiente el número de investigadores que puedan inventariar la biodiversidad (Wilson, 1997). Es por esto, que cuando hablamos de estudios de biodiversidad, es necesario definir el nivel de biodiversidad que estudiaremos, ya que la biodiversidad puede implicar desde el nivel genético hasta nivel de paisajes.

Una de las medidas de biodiversidad más simples e intuitivas es la riqueza de especies, que puede ser definida como el número de especies de un taxón dado dentro de un ensamble ecológico.

Sin embargo, el conocimiento de la riqueza de especies de grupos hiperdiversos, en sitios relativamente poco estudiados (como es el caso de la mayoría de invertebrados en zonas tropicales), puede ser un objetivo difícil de cumplir, debido a los recursos limitados que se tienen para documentar la totalidad de especies. Por lo que es recomendable la utilización de estimadores de riqueza de especies (Magurran, 2004), los cuales se pueden calcular mediante curvas de acumulación o estimadores no paramétricos (Colwell y Coddington, 1994), las primeras ilustran la tasa en la cual se van encontrando nuevas especies (Magurran, 2004), con muestras tomadas sistemáticamente (Colwell y Coddington, 1994); los estimadores no paramétricos son considerados de los más potentes para análisis de riqueza, ya que no se basan sobre parámetros de modelos de abundancia de especies que previamente se ha demostrado el ajuste de los datos a un modelo de distribución (Colwell y Coddington, 1994).

Además de la importancia que tienen los estimadores en la evaluación de la riqueza de especies en un área, también es importante considerar que estas estimaciones dependerán del tamaño de la muestra, por lo que es muy importante, definir el esfuerzo y método de muestreo adecuado. El objetivo de este trabajo es determinar el esfuerzo mínimo de captura de especies a escala de paisaje en la RBRL de un grupo de parasitoides, la familia Ichneumonidae, que es considerada una de las más diversas del planeta (Gauld *et al.*, 2002).

El conocimiento de la diversidad de Ichneumonidae es prioritaria, ya que la mayoría de los estados mexicanos está sin estudiar (Ruiz-Cancino *et al.*, 2014); únicamente en los estados de Tamaulipas (Ruíz-Cancino, 2010), Veracruz (González-Hernández *et al.*, 2011) y Yucatán (Ruíz-Cancino *et al.*, 2002; González-Moreno y Bordera, 2011, 2012) se ha hecho un mayor esfuerzo de muestreo para conocer el inventario de especies y sólo en Yucatán, el esfuerzo de muestreo ha sido sistemático utilizando varias trampas Malaise en diferentes tipos de vegetación (Cicero, 2002; Burgos, 2003; Chay-Hernández, 2006; González-Moreno y Bordera, 2011, 2012; González-Moreno *et al.*, 2015).

Los resultados obtenidos pueden ser de utilidad a la hora de planear nuevos muestreos para estudios de riqueza de Ichneumonidae en ambientes similares, teniendo en cuenta si el factor limitante es el tiempo o el número de trampas disponibles

MATERIALES Y MÉTODO

El presente estudio se realizó a partir de datos publicados por González-Moreno y Bordera, (2011, 2012) en el que se utilizaron 12 trampas Malaise en la Reserva de la Biósfera de Ría Lagartos (RBRL), Yucatán, ubicada en el extremo oriental de la franja litoral del Estado de Yucatán. Las trampas fueron situadas cada una al centro de fragmentos de tres tipos vegetación (sabana, selva mediana subcaducifolia y matorral de duna costera), en donde se ubicaron cuatro trampas por vegetación, separadas entre sí de 2 a 4 km, éstas funcionaron permanentemente durante un período de 14 meses, de junio de 2008 a septiembre de 2009, con cortes quincenales de colecta, abarcando los periodos estacionales de lluvias, nortes y secas, característicos de la región.

El cálculo de la estimación se ha basado en la realización de curvas de acumulación, las cuales muestran la aparición de especies nuevas a medida que el muestreo avanza, de tal modo que la estabilización de la curva en una asíntota indica que el total de especies ha sido capturado (Gaston y Gauld, 1993; Moreno, 2001). Las curvas fueron elaboradas para establecer el esfuerzo mínimo de colecta, considerando en primer lugar, el número de trampas necesarias para representar alrededor del 70 % de la riqueza estimada durante las 31 semanas del muestreo y en segundo lugar, el número de semanas de muestreo necesarias para alcanzar el mismo porcentaje, teniendo en cuenta todas las trampas. El estimador utilizado fue el estimador no paramétrico, Jackknife 1, que se basa en las especies que ocurren en una sola muestra y que es uno de los estimadores menos

sesgados para muestras pequeñas (Magurran, 2004). Los análisis se hicieron mediante el programa EstimateS 8.2 (Colwell, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las curvas de acumulación obtenidas con los datos de las 12 trampas como medida del esfuerzo de muestreo, arrojan una eficiencia del 73.4 %, según el estimador Jack 1 (Cuadro 1). Se puede ver la pendiente de la curva es poco pronunciada y está próxima a alcanzar la asíntota (Fig. 1), lo que sugiere un buen esfuerzo de muestreo.

Cuadro 1. Eficiencia de muestreo analizado con número de trampas

No. de trampas	Especies observadas	Valor del estimador Jack 1	% Representatividad de la muestra
1	93.92	101.24	20.5
2	145.3	203.48	31.7
3	181.67	250.7	39.7
4	209.97	298.17	45.8
5	233.26	327.83	50.9
6	253.15	353.77	55.3
7	270.57	375.79	59.1
8	286.11	398.2	62.5
9	300.17	413.95	65.5
10	313.03	431.77	68.3
11	324.92	444.45	70.9
12	336	457.92	73.4

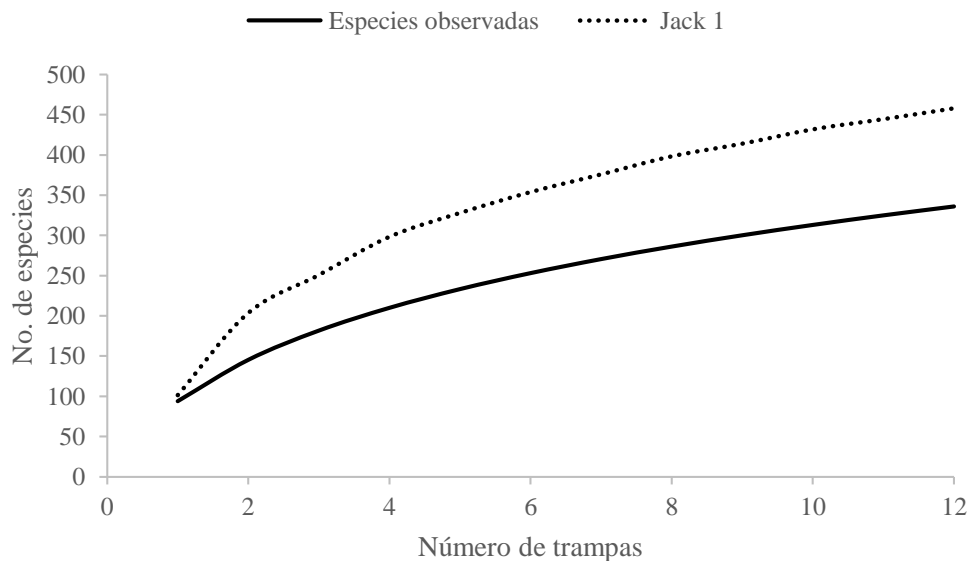


Figura 1. Curva de acumulación de especies de Ichneumonidae con el N° de trampas como medida del esfuerzo de muestreo.

Por otra parte, la curva de acumulación obtenida con las fechas de muestreo (31 semanas), arrojan una eficiencia del 74 % (Cuadro 2). De igual forma la pendiente de la curva que es muy suave y la forma cercana a la asíntota, sugiere un buen esfuerzo de muestreo (Fig. 2).

Cuadro 2. Eficiencia de muestreo analizado con número de semanas muestreadas.

No. de semanas	Especies observadas	Estimador Jack 1	Representación de la muestra (%)	No. de semanas	Especies observadas	Estimador Jack 1	Representación de la muestra (%)
1	56.68	57.26	12.51	17	268.62	369.68	59.30
2	91.22	123.25	20.14	18	275.01	377.58	60.71
3	116.92	164.56	25.81	19	280.42	384.16	61.90
4	137.6	197	30.38	20	285.97	391.11	63.13
5	154.97	220.78	34.21	21	291.32	398.76	64.31
6	169.96	242.64	37.52	22	296.46	405.55	65.44
7	183.18	258.39	40.44	23	301.43	410.86	66.54
8	195.02	277.01	43.05	24	306.22	416.34	67.60
9	205.75	291.43	45.42	25	310.87	421.86	68.62
10	215.59	304.53	47.59	26	315.37	426.65	69.62
11	224.68	314.28	49.60	27	319.73	432.42	70.58
12	233.13	324.35	51.46	28	323.97	437.12	71.52
13	241.05	334.84	53.21	29	328.09	442.47	72.43
14	248.49	344.32	54.85	30	332.1	448.49	73.31
15	255.53	353.6	56.41	31	336	453.1	74.17
16	262.21	362.51	57.88				

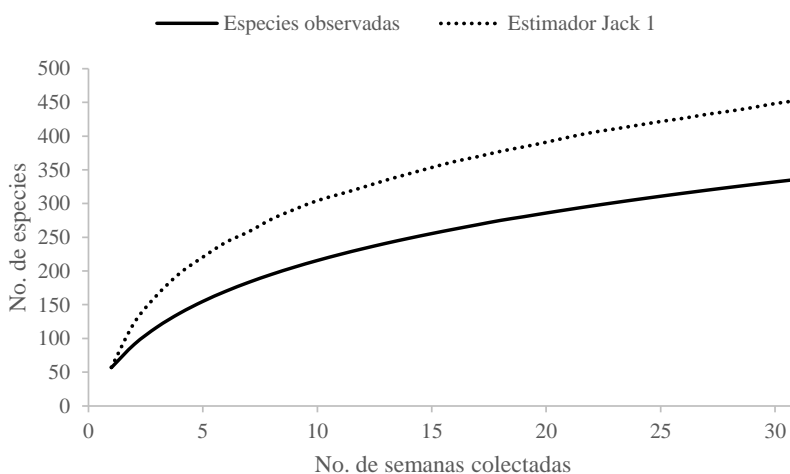


Figura 2. Curva de acumulación de especies de Ichneumonidae para el tiempo de muestreo.

Estos resultados son similares a lo encontrado en otros estudios con icneumónidos. Skillen *et al.* (2000) reportan un esfuerzo alrededor del 75 % en cinco tipos de bosque de Estados Unidos durante dos años a diferentes latitudes que fueron desde los 45° 42' N a 29° 44' N. En un estudio hecho en la Amazonia Peruana reportan también un esfuerzo alrededor del 77 al 88 % (Sääksjärvi *et al.*, 2004); Mazón y Bordera (2008) mencionan un 80 % de efectividad de muestreo usando dos tipos de trampas para capturar Ichneumonidae; Fraser *et al.* (2007, 2008) estudiaron la fauna de Ichneumonidae en diferentes hábitats de Reino Unido, sin que lograran alcanzar la asíntota con estimaciones alrededor del 70 %. Otro estudio realizado en un área cultivada con vegetación circundante, similar a la de este estudio, reporta un inventario del 53 % de especies de Ichneumonidae del total estimado (Chay-Hernández *et al.*, 2006).

Los resultados obtenidos indican que el esfuerzo real de 12 trampas y 31 semanas fueron adecuados para representar la variación espacial y temporal de la riqueza de Ichneumonidae en la

RBRL, ya que en ambos casos se representó más del 70 % de las especies estimadas, coincidiendo con el intervalo del 70 al 75 % registrado en estudios de este tipo.

CONCLUSIÓN

La fauna de Ichneumonidae de la RBRL quedaría representada con un esfuerzo mínimo de doce trampas Malaise funcionando durante 31 semanas, obteniendo una estimación de alrededor del 73 % de las especies. El esfuerzo para representar la riqueza espacial, quedaría establecido en un mínimo de 31 semanas con las 12 Trampas Malaise en funcionamiento, con una estimación de un 74 %.

Agradecimientos

Agradecemos a todo el equipo de la Reserva Especial de la Biosfera de Ría Lagartos, Yucatán, México por permitirnos el acceso y darnos autorización para coleccionar el material en esta Área Natural Protegida. Este trabajo fue financiado por el Proyecto A/018089/08 y A/026909/09 de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación), España y por una beca doctoral del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

Literatura Citada

- Burgos, R. R. 2003. *Evaluación de las comunidades de himenópteros parasitoides y las relaciones huésped-parasitoide en una milpa de roza-tumba y quema en el Estado de Yucatán, México*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Cicero, J. L. 2002. *Estructura y comportamiento estacional de comunidades de Ichneumonidae (Hymenoptera) y su comparación con Braconidae (Hymenoptera) en dos selvas bajas del Estado de Yucatán*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Colwell, R. K. and J. A. Coddington. 1994. Estimating Terrestrial Biodiversity through Extrapolation. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 345(111): 101–118.
- Colwell, 2009. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples, Version 8.20.
- Chay-Hernández, D. A., Delfín-González, H. and V. Parra-Tabla. 2006. Ichneumonoidea (Hymenoptera) Community Diversity in an Agricultural Environment in the State of Yucatan, Mexico. *Environmental entomology*, 35: 1286–1297.
- Fraser, S. E. M., Dytham, C. and P. J. Mayhew. 2007. Determinants of parasitoid abundance and diversity in woodland habitats. *Journal of Applied Ecology*, 44: 352–361.
- Fraser, S. E. M., Dytham, C. and P. J. Mayhew. 2008. The effectiveness and optimal use of Malaise traps for monitoring parasitoid wasps. *Insect Conservation and Diversity*, 1: 22–31.
- Gaston, K. J. and I. D. Gauld. 1993. How many species of pimplines (Hymenoptera: Ichneumonidae) are there in Costa Rica? *Journal of Tropical Entomology*, 9: 491–499.
- Gauld, I. D., Godoy, C., Sithole, R. and J. Ugalde. 2002. The Ichneumonidae of Costa Rica, 4. *Memoirs of the American Entomological Institute*, 66: 1–768.
- González-Hernández A., Lomelí-Flores, R. y E. Ruíz-Cancino. 2011. Avispas Ichneumonoidea (Insecta: Hymenoptera). Pp. 763–770. In: Hernández, V. (Ed.). *Diversidad de Veracruz: estudio de estado*. Conabio, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C., México, D.F.
- González-Moreno, A. and S. Bordera. 2011. New records of Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from Mexico. *Zootaxa*, 2879: 1–21.
- González-Moreno, A. and S. Bordera. 2012. The Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) of Ría Lagartos Biosphere Reserve, Yucatán, México. *Zootaxa*, 3230:1–51.

- González-Moreno, A., Bordera, S. and H. Delfín-González. 2015. Spatio-temporal diversity of Cryptinae (Hymenoptera, Ichneumonidae) assemblages in a protected area of southeast Mexico. *Journal of Insect Conservation*, 19: 1153–1161.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, 255 p.
- Mazon, M. and S. Bordera. 2008. Effectiveness of two sampling methods used for collecting Ichneumonidae (Hymenoptera) in the Cabañeros National Park (Spain). *European Journal of Entomology*, 105: 876–888.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Boletín SEA, Serie Manuales y tesis, España, No. 1, 83 p.
- Ruíz-Cancino, E., Coronado, B. J. y R. J. Martínez. 2002. *Contribución al conocimiento de Ichneumonidae (Hymenoptera) del sureste de México*. Serie Publicaciones Científicas CIDAFF-UATT. México. 119 p.
- Ruíz-Cancino, E. 2010. *Ichneumonidae (Hymenoptera) del Estado de Tamaulipas, México. Serie avispa parasíticas de plagas y otros insectos, No. 6*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Tamaulipas, México. 184 p.
- Ruíz-Cancino, E., Kasparyan, D., González-Moreno, A., Khalaim, A. y J. M. Coronado-Blanco. 2014. Biodiversidad de Ichneumonidae (Hymenoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 385–391.
- Sääksjärvi, I. E., Haataja, S., Neuvonen, S., Gauld, I., Jussila, R. and J. Salo. 2004. High local species richness of parasitic wasp (Hymenoptera: Ichneumonidae: Pimplinae and Rhyssinae) from the lowland rainforest of Peruvian Amazonia. *Ecological Entomology*, 29: 735–743.
- Skillen, E. L., Pickering, J. and M. J. Sharkey. 2000. Species Richness of the Campopleginae and Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonidae) Along a Latitudinal Gradient in Eastern North American Old- Growth Forests. *Environmental Entomology*, 29(3): 460–466.
- Wilson, E. O. 1997. Introduction. Pp 1–6. In: Reaka-Kudla, M. L., Wilson, D. E. and E. O. Wilson (Eds.). *Biodiversity II. Understanding and Protecting our Biological Resources*. Joseph Henry Press. Washington, D.C., USA.