

Evaluación de la calidad del inventario de Macroheterocera de los humedales de Salburua (Álava, España) (Insecta: Lepidoptera)

F. de Juana

Resumen

Se evalúa la calidad de un inventario de macroheteróceros para el que se han efectuado 208 muestreos semanales a lo largo de cuatro años en los humedales de Salburua (Vitoria, Álava), analizando para ello la curva de acumulación de especies. Los resultados generales obtenidos no permiten hacer una estimación fiable de la riqueza total debido a la alta proporción de especies escasas o infrecuentes observadas. Sin embargo, excluyendo las especies que solo se registraron en uno o dos muestreos y aquellas para las que se capturó un único ejemplar, se estima que se han detectado respectivamente el 90,8% y el 89,0% de las especies de la zona. Se considera por ello que no resultaría rentable en términos de coste-eficacia proseguir los muestreos un año más, dado que la mayoría de las nuevas especies registradas tendrán probablemente carácter accidental. Estos resultados ponen de manifiesto el importante esfuerzo de muestreo necesario para completar un inventario de mariposas nocturnas con un grado de calidad aceptable en comparación con otros grupos faunísticos.

PALABRAS CLAVE: Insecta, Lepidoptera, inventario, esfuerzo de muestreo, curva de acumulación de especies, Álava, España.

Evaluation of the quality of the inventory of Macroheterocera of the Salburua wetlands (Alava, Spain) (Insecta: Lepidoptera)

Abstract

The quality of a Macroheterocera inventory for which 208 weekly samplings have been carried out over a four-year period in the Salburua wetlands (Vitoria, Alava) is evaluated through an analysis of the species accumulation curve. The overall results obtained do not allow a reliable estimate of the total species richness due to the high proportion of rare or infrequent species observed. However, excluding the species that were only recorded in one or two samples and those for which a single specimen was captured, it is estimated that 90.8% and 89.0% of the species in the area have been detected respectively. It is therefore considered that it would not be profitable in terms of cost-effectiveness to continue sampling for an additional year, since most of the new species registered will probably be accidental. These results highlight the great sampling effort required to complete an inventory of moths with an acceptable degree of quality in comparison with other faunal groups.

KEY WORDS: Insecta, Lepidoptera, inventory, sampling effort, species accumulation curve, Alava, Spain.

Introducción

A medida que se va completando un inventario faunístico se requiere cada vez un mayor esfuerzo de muestreo para conseguir el mismo incremento en el número de especies registradas. Se puede

plantear entonces la cuestión de hasta cuándo proseguir con los muestreos en términos de coste-eficacia (BÉGUINOT, 2015). Las curvas de acumulación de especies, que permiten extrapolar el número de especies observadas para estimar el total de especies presentes en la zona prospectada (SOBERÓN & LLORENTE, 1993), pueden utilizarse también para valorar la calidad de los inventarios (véase a MORENO & HALFFTER, 2000).

Aunque WILLOTT (2001) sostiene que el esfuerzo de muestreo debe medirse por el número de ejemplares capturados para que las curvas de acumulación de especies correspondientes a distintos lugares sean comparables, para la planificación de los inventarios resulta más práctico expresar el esfuerzo en unidades de muestreo estándar, tales como el número de trampas x noches (MORENO & HALFFTER, 2001).

Dado que el orden en el que se consideren los muestreos afecta a la forma de la curva de acumulación de especies, es una práctica habitual el recurrir a la “suavización” de las curvas calculando los valores medios del número de especies que se obtienen al aleatorizar el orden de los muestreos un número suficiente de veces (THOMPSON & THOMPSON, 2007).

En un inventario de lepidópteros los resultados obtenidos en cuanto a número de especies van a depender mucho de la estacionalidad de los muestreos, debido a las notables diferencias fenológicas entre especies (SUMMERVILLE & CRIST, 2005). Hemos considerado interesante por ello evaluar los resultados de un seguimiento a largo plazo en el que el esfuerzo de muestreo se ha mantenido constante a lo largo del año.

Material y métodos

Entre septiembre de 2016 y septiembre de 2020 se han llevado a cabo 208 muestreos semanales con una trampa de luz fija ubicada en los humedales de Salburua (Vitoria, Álava). Para más detalles sobre la metodología de este inventario puede consultarse DE JUANA *et al.* (2019).

Para construir las curvas de acumulación de especies se ha utilizado el programa EstimateS (COLWELL, 2019). La riqueza estimada en función del esfuerzo de muestreo realizado se calculó aleatorizando 100 veces el orden de las muestras, número que se considera suficiente para lograr el suavizado de las curvas (JIMÉNEZ-VALVERDE & HORTAL, 2003). Para el ajuste de funciones mediante regresión se ha utilizado el programa CurveExpert Professional (HYAMS, 2020).

Resultados

En los 208 muestreos realizados se capturaron un total de 8.231 ejemplares de 373 especies diferentes de Macroheterocera, considerando como tales las superfamilias Bombycoidea, Geometroidea, Cossioidea, Drepanoidea, Hepialoidea, Lasiocampoidea y Noctuoidea. El número de ejemplares por especie varió entre 1 y 520, con una mayoría de especies escasas: 189 (50,67%) con 5 o menos ejemplares frente a solo 15 (4,02%) con más de 100 (fig. 1).

En cuanto a la frecuencia de captura, 173 especies (46,38%) aparecieron en menos de cuatro muestreos (<1,5%) y solo 44 (11,80%) lo hicieron en más de 20 (>10%) (fig. 2).

Cabe concluir, a la vista de estos datos, que una alta proporción de las especies capturadas tienen una probabilidad baja de ser encontradas, bien por ser raras, bien por tener carácter accidental en la zona o bien por ser lucífugas en mayor o menor grado. Se han construido por ello tres curvas de acumulación distintas (fig. 3): una con todas las especies registradas, otra eliminando aquellas para las que se ha capturado un único ejemplar y otra eliminando las que han aparecido solo en uno o dos muestreos (<1,0%). En la tabla I se indica para cada familia el número y porcentaje de las especies que hemos considerado raras o accidentales siguiendo estos criterios. En la figura 4 se representa cómo varían esos porcentajes en función del número de muestreos realizados.

Para cada curva de acumulación de especies se han ajustado las tres funciones propuestas por SOBERÓN & LLORENTE (1993), obteniéndose en cada caso los coeficientes de regresión (R^2) que aparecen en la tabla II. Para todas ellas los mejores ajustes se consiguen con la función de Clench. En la figura 5 se representan las tres curvas de acumulación ajustadas utilizando dicha función.

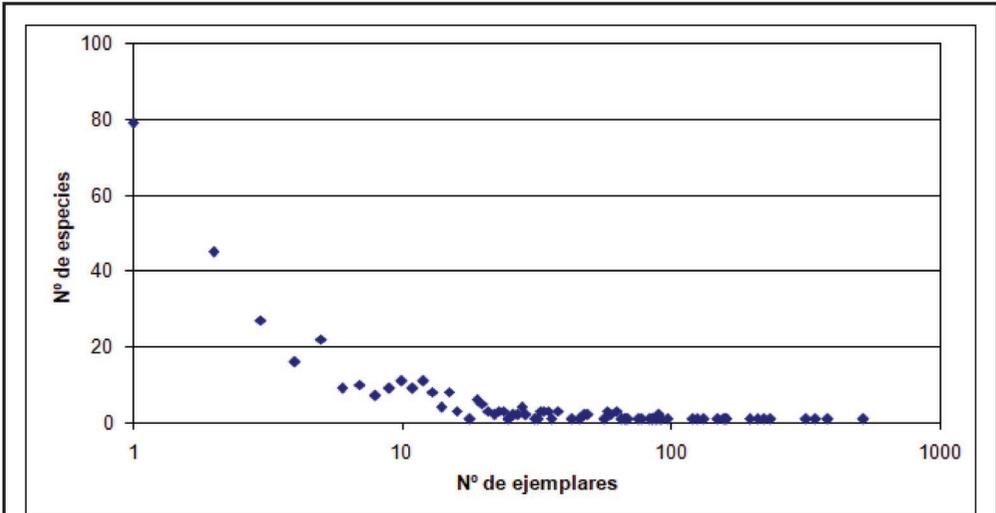


Fig. 1.- Distribución del número de especies según el número total de ejemplares capturados para cada una de ellas (en escala logarítmica).

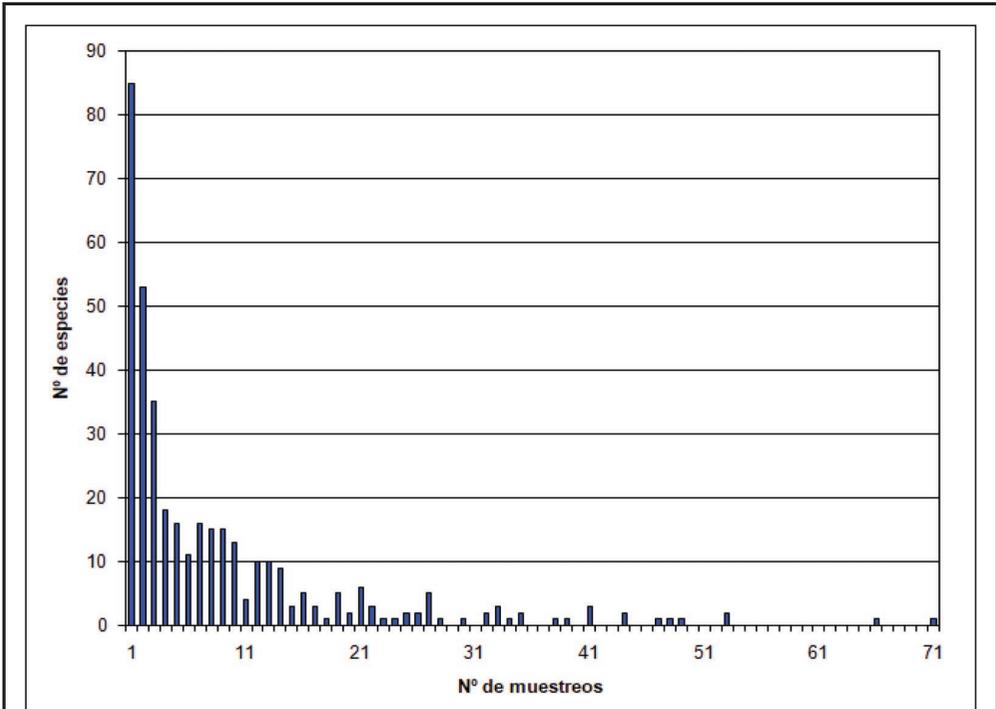


Fig. 2.- Distribución del número de especies según el número de muestreos en que se capturó cada una de ellas.

Tabla I.– Se indica para cada familia el número de especies con un solo ejemplar capturado y el de las que aparecieron solo en uno o dos muestreos, así como los respectivos porcentajes respecto del total.

	Total de especies	Especies con un solo ejemplar		Especies en 1 o 2 muestreos	
Cossidae	2	1	50,00%	1	50,00%
Drepanidae	7	0	0,00%	0	0,00%
Erebidae	40	6	15,00%	13	32,50%
Geometridae	120	37	30,83%	55	45,83%
Hepialidae	1	0	0,00%	0	0,00%
Lasiocampidae	9	2	22,22%	3	33,33%
Noctuidae	161	26	16,15%	50	31,06%
Nolidae	8	1	12,50%	4	50,00%
Notodontidae	17	4	23,53%	8	47,06%
Sphingidae	8	2	25,00%	4	50,00%
TOTAL	373	79	21,18%	138	37,00%

Tabla II.– Coeficientes de regresión (R^2) obtenidos con cada función para las curvas de acumulación del total de especies (I), de las especies con más de un ejemplar capturado (II) y de las especies que aparecieron en más de 2 muestreos (III).

	Exponencial $S_n = a \cdot b(1 - e^{-b \cdot n})$	Logarítmica $S_n = 1/z \cdot \ln(1 + z \cdot a \cdot n)$	Clench $S_n = a \cdot n / (1 + b \cdot n)$
I	0.9845	0.9934	0.9972
II	0.9902	0.9912	0.9997
III	0.9943	0.9707	0.9972

En la tabla III se muestran los valores de algunos parámetros que suelen utilizarse como indicadores de la calidad del inventario y que para el modelo de Clench se calculan mediante las siguientes fórmulas (JIMÉNEZ-VALVERDE & HORTAL, 2003):

- Riqueza estimada: $S_{est} = a/b$, donde a es la tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario y b es un parámetro relacionado con la forma de la curva.
- Número de muestreos necesarios para registrar un proporción q de las especies: $n_q = q/[b \cdot (1-q)]$.
- Pendiente de la curva para n muestreos: $p_n = a/(1+b \cdot n)^2$.

Tabla III.– Riqueza observada (S_{obs}), riqueza estimada (S_{est}), proporción de especies inventariadas (S_{obs}/S_{est}), número de muestreos necesarios para registrar el 90% de las especies ($n_{0,9}$) y pendiente de la curva para 208 muestreos (p_{208}) para las curvas de acumulación del total de especies (I), de las especies con más de un ejemplar capturado (II) y de las especies que aparecieron en más de 2 muestreos (III).

	S_{obs}	S_{est}	S_{obs}/S_{est}	$n_{0,9}$	p_{208}
I	373	427,9	87,2%	329,4	0,262
II	294	330,3	89,0%	207,4	0,143
III	235	258,9	90,8%	138,1	0,080

Siguiendo a MORENO & HALFFTER (2000), que proponen una proporción del 90% del total de especies estimadas como un objetivo conservador, pero satisfactorio, en cuanto a la calidad del inventario, hemos incluido en la tabla III el número de muestreos necesarios para alcanzar dicha proporción.

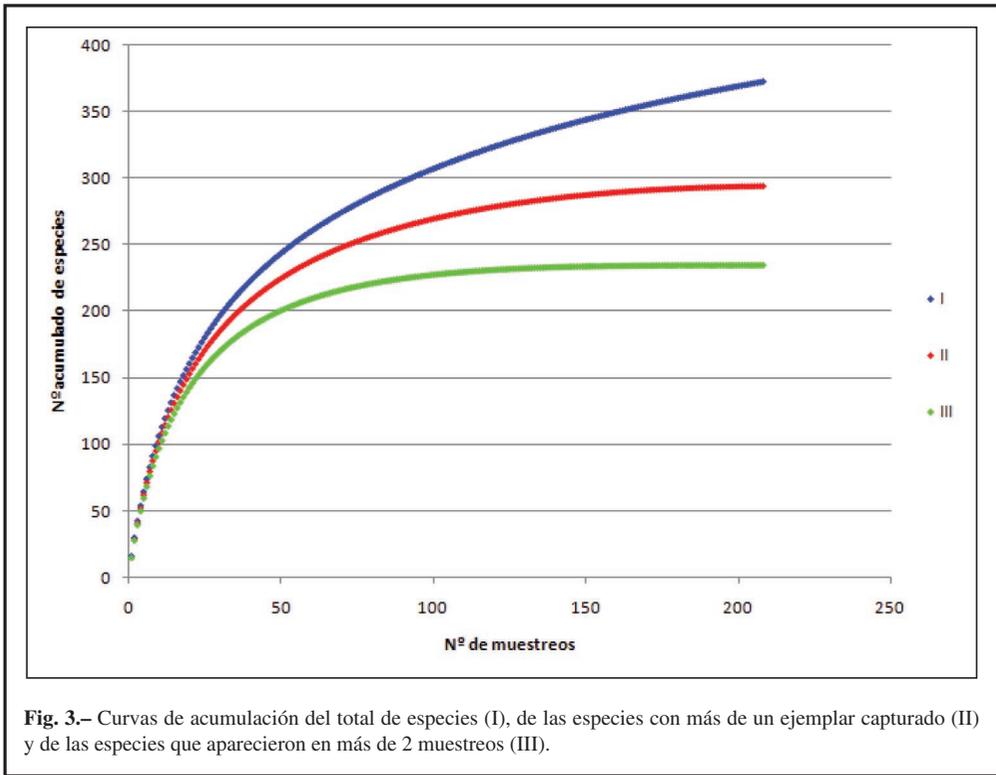


Fig. 3.- Curvas de acumulación del total de especies (I), de las especies con más de un ejemplar capturado (II) y de las especies que aparecieron en más de 2 muestreos (III).

Discusión

La curva de acumulación de especies calculada para el inventario de macroheteróceros de los humedales de Salburua se ajusta bien a una función de Clench que tiende de manera asintótica hacia las 428 especies. Sin embargo, dado que la pendiente de la curva correspondiente a los 208 muestreos realizados es muy superior a 0,1, resulta aventurado realizar una extrapolación del número total de especies que podrían llegar a inventariarse (JIMÉNEZ-VALVERDE & HORTAL, 2003). El hecho de que con el considerable esfuerzo de muestreo realizado no pueda hacerse aún una estimación fiable de la riqueza total obedece a la alta proporción de especies escasas o infrecuentes observadas, lo que en buena medida puede explicarse por la alta movilidad que presentan numerosas especies de mariposas nocturnas (BETZHOLTZA & FRANZÉN, 2013). JONASON *et al.* (2014), que realizaron un inventario de macroheteróceros en un pastizal situado en una zona de agricultura intensiva del estado alemán de Sajonia muestreando durante 225 noches con una lámpara de vapor de mercurio de 250 W y con otra de luz ultravioleta de 40 W, obtuvieron resultados parecidos a los nuestros en cuanto a la proporción de especies con un solo ejemplar capturado, con porcentajes del 22,16% y 19,73% para cada tipo de lámpara respectivamente. En otro estudio comparable, YELA (1992) realizó 46 muestreos de noctuoides (excluyendo las subfamilias Arctiinae y Lymantriinae) en un encinar, 45 en un quejigal y 46 en un valle ripario con huertas de la Alcarria (Guadalajara), con porcentajes de especies con un solo ejemplar capturado del 15,84%, 15,65% y 19,43% respectivamente. Este autor constató que en el valle ripario aparecían en verano de manera más o menos accidental muchas de las especies propias de los ambientes más xéricos de encinares y quejigares, lo que atribuyó al efecto de “refugio ecológico” que, en ecosistemas de tipo mediterráneo, caracterizados por un período estival de sequía, desempeñan los ambientes permanentemente húmedos. Es probable también que los medios abiertos presenten una

mayor permeabilidad para los ejemplares divagantes que los hábitats forestales. En cualquier caso, a la hora de comparar datos de distintos inventarios habrá que tener en cuenta que el porcentaje de especies raras o accidentales va a depender no solo del hábitat prospectado, sino de los grupos taxonómicos estudiados (tabla I), del esfuerzo de muestreo realizado (fig. 4) y del tipo de trampa empleada.

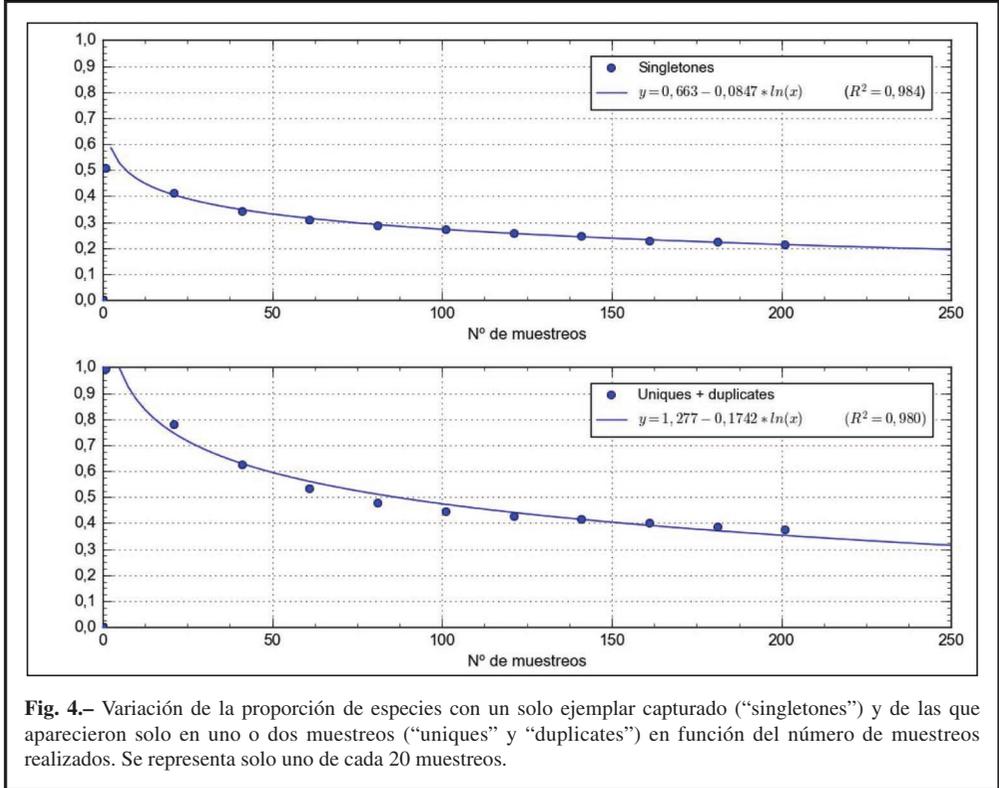


Fig. 4.– Variación de la proporción de especies con un solo ejemplar capturado (“singletons”) y de las que aparecieron solo en uno o dos muestreos (“uniques” y “duplicates”) en función del número de muestreos realizados. Se representa solo uno de cada 20 muestreos.

A efectos de valorar la calidad de un inventario de macroheteróceros, interesaría saber qué proporción se ha observado del total de especies autóctonas, considerando como tales las que habitualmente completan su desarrollo ontogénico en el hábitat muestreado (YELA, 1992). Pero esta diferenciación entre especies propias y extrañas exige un conocimiento profundo de la alimentación larvaria y la biología de cada una de ellas que complica mucho este enfoque. Cabe suponer que muchas de las especies muy escasas o muy infrecuentes tengan carácter accidental en la zona, pero no hay que olvidar que hay especies propias que resultan raras debido a su estrategia vital o a ser escasamente atraídas por la luz (YELA, 1992). *Globia algae* (Esper, 1789), por ejemplo, es una especie característica de hábitats palustres de la que no hemos capturado más que dos ejemplares en dos muestreos distintos. Aún así, y aunque hayamos podido excluir algunas especies propias de la zona húmeda objeto del inventario, hemos construido las curvas de acumulación prescindiendo de las especies más escasas (aquellas de las que se ha capturado un único ejemplar) y de las menos frecuentes (aquellas que aparecen solo en uno o dos muestreos). Ambas curvas se ajustan también bien a la función de Clench, con asíntotas en 330 y 259 especies respectivamente.

Solamente aplicando el criterio más restrictivo, es decir, el que considera únicamente las especies que aparecen en más de dos muestreos, se obtienen resultados satisfactorios en cuanto a la calidad del inventario: más de un 90% en la proporción de especies inventariadas y una pendiente de la curva inferior a 0,1 en el punto correspondiente a los 208 muestreos realizados. Para alcanzar estos objetivos,

de acuerdo con la función ajustada, hubiesen sido suficientes 138 muestreos, que equivalen a tres años de muestreos semanales. Si el criterio utilizado es el de excluir las especies con un único ejemplar capturado, el objetivo se alcanza teóricamente con 208 muestreos (4 años de muestreos semanales), aunque en nuestro caso nos hayamos quedado ligeramente por debajo del 90% en la proporción de especies inventariadas. Si bien nuestra intención es continuar los muestreos en el humedal de Salburua a largo plazo, creemos que, si el objetivo del estudio hubiese sido únicamente el de completar el inventario faunístico, no resultaría rentable en términos de coste-eficacia proseguir un año más. Según la función ajustada a la curva de acumulación de especies, la riqueza estimada para 260 muestreos es de 379 especies, es decir que en un año más se registrarían solo 6 especies nuevas, la mayoría de las cuales tendrán probablemente carácter accidental en la zona.

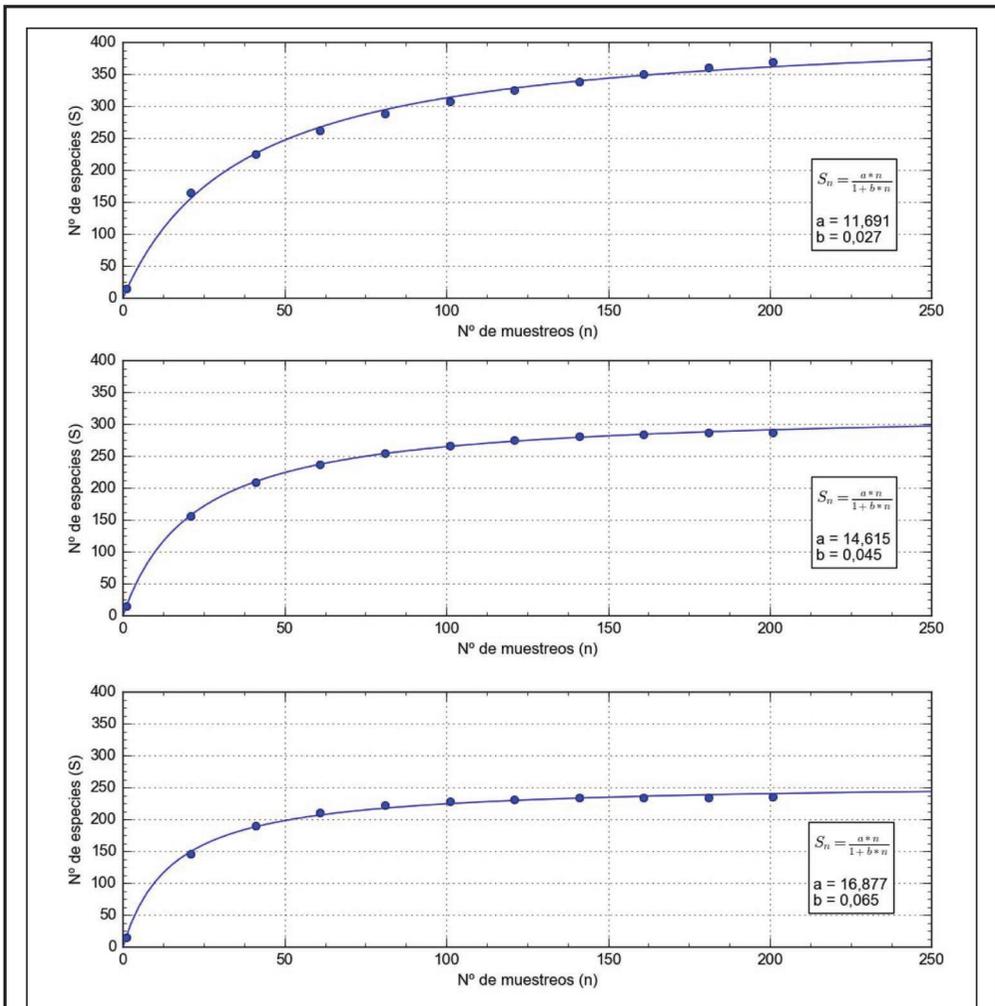


Fig. 5.– Funciones ajustadas a las curvas de acumulación del total de especies (arriba), de las especies con más de un ejemplar capturado (en medio) y de las especies que aparecieron en más de 2 muestreos (abajo). Se representa solo uno de cada 20 muestreos.

Los resultados de este trabajo ponen de manifiesto el importante esfuerzo de muestreo necesario para completar un inventario de mariposas nocturnas con un grado de calidad aceptable si los comparamos con los obtenidos por otros autores para otros grupos faunísticos. Así por ejemplo, de los datos presentados por JIMÉNEZ-VALVERDE & HORTAL (2003) se deduce que en el caso de las arañas de las familias Araneidae y Thomisidae harían falta 28 unidades de esfuerzo de muestreo para llegar a inventariar el 90% de las especies, mientras que según MORENO & HALFFTER (2000) se necesitarían entre 5 y 18 noches de muestreo para alcanzar ese objetivo con murciélagos, cifras referidas en ambos casos al lugar prospectado y a la metodología utilizada en esos estudios. Se ha comprobado, no obstante, que en los inventarios de lepidópteros nocturnos el número de especies capturadas puede aumentarse ligeramente eligiendo para muestrear las noches más cálidas de cada mes (JONASON *et al.*, 2014) o, en hábitats mediterráneos, las noches más cálidas en primavera, otoño e invierno y las más frescas en verano (YELA & HOLYOAK, 1997), en lugar de hacerlo siempre el mismo día de la semana.

Es importante recalcar que los resultados de este trabajo solo son comparables con inventarios de análogos características al que nosotros hemos llevado a cabo, es decir, con el mismo tipo de trampa y con muestreos homogéneamente repartidos a lo largo del año.

Agradecimiento

A Gorka Belamendia, Brian Webster y José Luis Albalá, que sustituyeron al autor en la realización de algunos de los muestreos que han servido de base a este trabajo, así como al personal técnico del Centro de Interpretación de los Humedales de Salburua (Ataria), sin cuya colaboración no se hubiese podido llevar a cabo. Al Dr. José Luis Yela por sus valiosas orientaciones y sugerencias. A los revisores anónimos del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- BÉGUINOT, J., 2015.– When reasonably stop sampling? How to estimate the gain in newly recorded species according to the degree of supplementary sampling effort.– *Annual Research & Review in Biology*, **7**(5): 300-308.
- BETZHOLTZA, P.-E. & FRANZÉN, M., 2013.– Ecological characteristics associated with high mobility in night-active moths.– *Basic and Applied Ecology*, **14**: 271-279.
- COLWELL, R. K., 2019.– *EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide), Versión 9.1.0*. Disponible en <http://viceroy.colorado.edu/estimates/EstimateSPages/EstimateSRegistration.htm>.
- DE JUANA, F., MONASTERIO, Y., ESCOBÉS, R., ALBALÁ, J. L., BELAMENDIA, G., DE OLANO, I., SEBASTIÁN, J. & WEBSTER, B., 2019.– Los macroheteróceros (Lepidoptera) de los humedales de Salburua (Vitoria-Gasteiz, Araba/Álava, España): un proyecto de ciencia ciudadana.– *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, **64**: 165-185.
- HYAMS, D. G., 2020.– *CurveExpert Professional: documentation*. Disponible en: <https://docs.curveexpert.net/curveexpert/pro/html/>.
- JIMÉNEZ-VALVERDE, A. & HORTAL, J., 2003.– Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos.– *Revista Ibérica de Aracnología*, **8**: 151-161.
- JONASON, D., FRANZÉN, M. & RANIUS, T., 2004.– Surveying moths using light traps: effects of weather and time of year.– *PLoS ONE* **9**(3): e92453. doi:10.1371/journal.pone.0092453.
- MORENO, C. E. & HALFFTER, G., 2000.– Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves.– *Journal of Applied Ecology*, **37**: 149-158.
- MORENO, C. E. & HALFFTER, G., 2001.– On the measure of sampling effort used in species accumulation curves.– *Journal of Applied Ecology*, **38**: 487-490.
- SOBERÓN, J. & LLORENTE, J., 1993.– The use of species accumulation functions for the prediction of species richness.– *Conservation Biology*, **7**: 480-488.

- SUMMERVILLE, K. S. & CRIST, O. C., 2005.– Temporal patterns of species accumulation in a survey of Lepidoptera in a beech-maple forest.– *Biodiversity and Conservation*, **14**: 3393-3406.
- THOMPSON, G. G. & THOMPSON, S. A., 2007.– Using species accumulation curves to estimate trapping effort in fauna surveys and species richness.– *Austral Ecology*, **32**: 564-569.
- WILLOTT, S. J., 2001.– Species accumulation curves and the measure of sampling effort.– *Journal of Applied Ecology*, **38**: 484-486.
- YELA, J. L., 1992.– *Los noctuidos (Lepidoptera) de la Alcarria (España central) y su relación con las principales formaciones vegetales de porte arbóreo*: 569 pp. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Dirección General de Sanidad de la Producción Agraria, Subdirección General de Sanidad Vegetal. Madrid.
- YELA, J. L. & HOLYOAK, M., 1997.– Effects of moonlight and meteorological factors on light and bait trap catches of noctuid moths (Lepidoptera: Noctuidae).– *Environmental Entomology*, **26**(6): 1283-1290.

F. J.
Adriano VI, 7- 6º-Izqda
E-01008 Vitoria (Álava)
ESPAÑA / SPAIN
E-mail: fdejuana@euskalnet.net
<https://orcid.org/0000-0002-0651-5799>

(Recibido para publicación / *Received for publication* 3-XII-2020)

(Revisado y aceptado / *Revised and accepted* 6-IX-2021)

(Publicado / *Published* 30-VI-2022)