

Artículo original

Comparación de la riqueza de insectos utilizando dos métodos de recolección en un humedal costero del Pacífico suramericano

Comparison of insect richness with two collection methods in a coastal wetland of the South American Pacific

 Cristhian Raúl Rossi-La Torre

Laboratorio de Entomología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Resumen

Se comparó la capacidad de captura de trampas de caída y bandejas amarillas para así determinar si el esfuerzo de muestreo empleado sería el adecuado al emplear las dos metodologías a la vez. El muestreo se hizo en los humedales del distrito de Ventanilla, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima, Perú, donde se establecieron ocho estaciones en febrero, julio y diciembre del 2016. En cada estación se ubicaron diez trampas de caída sin cebo y cinco bandejas amarillas. Se recolectaron 160 morfoespecies, distribuidas en 68 familias y ocho órdenes, de las que 138 se recolectaron en bandejas amarillas y 78 en trampas de caída, con una similitud de 0,31 según el índice de Jaccard. Hubo una diferencia significativa en la riqueza entre los dos métodos y la diversidad de Shannon-Wiener fue superior a 3,5 utilizando las bandejas amarillas en febrero y diciembre; no hubo una diferencia significativa entre los métodos en los índices de diversidad y dominancia, excepto en diciembre. Según los estimadores no paramétricos, la riqueza de la recolección en las bandejas amarillas fluctuó entre el 62,7 y el 72,3 %, y en las trampas de caída, entre el 63,9 y el 74,3 %. La curva de acumulación reflejó un mejor desempeño con las bandejas amarillas. El uso de una menor cantidad de bandejas amarillas que de trampas de caída permitió recolectar una cantidad mayor de insectos. Su empleo combinado es fundamental para obtener una muestra representativa de la riqueza al mantenerse la proporción mencionada para evitar un registro muy elevado de algunos taxones.

Palabras clave: Trampas de caída; Bandejas amarillas; Curva de acumulación; Estimadores no paramétricos; Esfuerzo de muestreo.

Abstract

The capture capacity of pitfall traps and yellow pan traps was compared to determine if the sampling effort used would be suitable using both methods at the same time. The sampling was carried out in the coastal wetlands of Ventanilla district, constitutional province of Callao, Lima department, Perú, where eight sampling stations were evaluated in February, July, and December 2016. Ten unbaited pitfall traps and five yellow pan traps were placed at each station; 160 morphospecies distributed in 68 families and eight orders were collected, 138 from yellow pan traps and 78 in pitfall traps with a similarity of 0.31 in the Jaccard index. There was a significant difference in richness between both methods and the diversity was over 3.5 in the yellow pan traps in February and December; there was no significant difference between traps in the diversity and dominance indices except in December. According to non-parametric estimators, the richness in yellow pan traps was between 62.7% and 72.3% of the estimated value while in pitfall traps it ranged between 63.9% and 74.3%. The accumulation curve showed a better performance with pan traps. The use of fewer yellow pan traps than pitfall traps resulted in a higher number of insects collected. Their combined use was essential to obtain a representative sample of richness and maintain the proportion to avoid a very high registration of some taxa.

Keywords: Pitfall traps; Yellow pan traps; Non-parametric estimators; Accumulation curve; Sampling effort.

Citación: Rossi-La Torre CR.
Comparación de la riqueza de insectos utilizando dos métodos de recolección en un humedal costero del Pacífico suramericano. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 46(181):947-958, octubre-diciembre de 2022. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1765>

Editor: Elizabeth Castañeda

Correspondencia:

Cristhian Raúl Rossi-La Torre;
cristhian.rossi@unmsm.edu.pe

Recibido: 7 de septiembre de 2022

Aceptado: 11 de noviembre de 2022

Publicado en línea: 25 de noviembre de 2022



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Introducción

Con más de un millón de especies, los insectos son el grupo de animales con la mayor riqueza descrita (Beutel *et al.*, 2017; Mayhew, 2018) y se distribuyen en una gran cantidad de hábitats (Swengel, 2001; Ulrichs & Hopper, 2008), pues se han adaptado para aprovechar los recursos alimenticios (Pearson & Dyer, 2006). Al ser un grupo tan diverso, siempre es posible obtener ejemplares de algunos órdenes en campo, por lo que frecuentemente se los utiliza en estudios de impacto ambiental como bioindicadores de la calidad del agua (Peralta & Huamantínco, 2014), para conocer el grado de conservación de los hábitats (Oroz *et al.*, 2018; Pedraza *et al.*, 2010; Rossi *et al.*, 2018), calcular los patrones de diversidad de las especies (Beck & Kitching, 2007) y estudiar las enfermedades transmitidas por vectores (Barreto *et al.*, 2006; Moreno *et al.*, 2002; Salazar *et al.*, 2006; Villaseca *et al.*, 1999).

Debido a la gran variedad de hábitats en que viven los insectos y los diferentes tipos de comportamiento que presentan, se han desarrollado métodos de recolección específicos que hacen uso de las características más comunes del grupo de interés. Entre ellas pueden mencionarse las trampas activas, que utilizan atrayentes o cebos para capturar a los individuos por su comportamiento o hábitos alimenticios, por ejemplo, las trampas de luz, bandejas o platos de diferentes colores y las trampas de caída con excremento animal (coprófagos) o con materia orgánica en descomposición (necrófagos), y las trampas pasivas, que se ubican en zonas de tránsito natural de los insectos y los capturan, entre ellas, las trampas de caída sin cebo, las trampas Malaise y las trampas de interceptación (Bar *et al.*, 2022; Boito *et al.*, 2009; Missa *et al.*, 2009; Parys & Johnson, 2011; Sabu & Shiju, 2010).

En varios estudios se han empleado diferentes técnicas para comparar la eficacia y el esfuerzo de muestreo, y se señalan las ventajas y las desventajas de unas y otras, además de aportar datos sobre los taxones específicos que pueden recolectarse en determinadas condiciones (Boyer *et al.*, 2020; Buffington *et al.*, 2021; Cheli & Corley, 2010; Hohbein & Conway, 2018; Mena *et al.*, 2016; Rajmohana & Trivedi, 2019; Shweta & Rajmohana, 2018; Siewers *et al.*, 2014; Westerberg *et al.*, 2021; Zaller *et al.*, 2015). En algunos de estos estudios se reconoce la gran capacidad de captura de las bandejas amarillas y las trampas de caída frente a otras técnicas, sin embargo, no se establece una cantidad exacta o recomendada para utilizarlas en el monitoreo ambiental o los inventarios biológicos, porque depende de los grupos de interés y los hábitats a evaluar.

En el presente estudio se comparó la capacidad de captura de las bandejas amarillas y las trampas de caída sin cebo, con el fin de determinar si el empleo de una menor cantidad de bandejas podría considerarse un esfuerzo adecuado frente a la cantidad de trampas de caída utilizadas en una misma estación de muestreo. El estudio se desarrolló en los humedales de Ventanilla, un área de fácil acceso que cuenta con una gran diversidad de insectos, principalmente representados por familias de hábitos fitófagos y depredadores, entre los meses de diciembre y abril, que coinciden con la temporada de menor cantidad de agua (Gobierno Regional del Callao, 2015; Sánchez *et al.*, 2019).

Materiales y métodos

Métodos de muestreo

El muestreo se realizó en los humedales del distrito de Ventanilla, ubicado en la provincia constitucional del Callao, departamento de Lima, Perú. Se establecieron ocho estaciones en febrero, julio y diciembre del 2016 (Tabla 1). En cada una se instaló una línea con diez trampas de caída (TC) (Cheli & Corley, 2010) de 12 cm de altura, con circunferencia basal de 29,5 cm y abertura de 36,8 cm, separadas aproximadamente cinco metros una de otra, y cinco bandejas amarillas (BA) (Schauff, 2001) de 28,5 x 22 x 2,5 cm, con diez metros de distancia entre ellas (Figura 1). Estas cantidades, representativas en ambos casos, se establecieron para corroborar la hipótesis de que una menor cantidad de bandejas amarillas que de trampas de caída sin cebo sería suficiente para recolectar una riqueza y diversidad de

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo en los humedales de Ventanilla, Callao - Perú

Estación de muestreo	Longitud	Latitud	Altitud (m.s.n.m.)
E1	77° 8'54,45"W	11°52'50,61"S	14
E2	77° 8'55,77"W	11°52'46,79"S	12
E3	77° 8'58,14"W	11°52'40,69"S	24
E4	77° 8'53,35"W	11°52'37,27"S	24
E5	77° 8'50,09"W	11°52'38,76"S	21
E6	77° 9'1,11"W	11°52'36,66"S	23
E7	77° 9'6,74"W	11°52'34,57"S	18
E8	77° 9'8,40"W	11°52'27,46"S	11

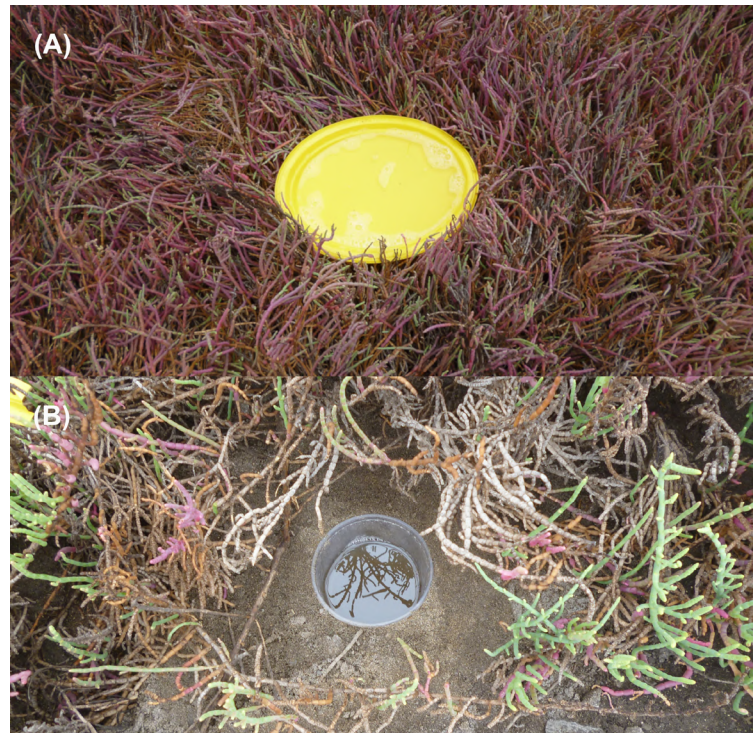


Figura 1. Bandeja amarilla (A) y trampa de caída (B) en una estación de muestreo de los humedales de Ventanilla

ejemplares similar o superior a la otra técnica utilizada. Para ello se siguió la metodología descrita por Rossi *et al.* (2018) en un bosque de *Polylepis tomentella*. El medio de captura incluyó agua, detergente líquido y sal; se depositó aproximadamente el equivalente a un cuarto del envase en las trampas de caída y 200 ml en las bandejas amarillas, las cuales permanecieron activas durante 48 horas. Las muestras se recolectaron en bolsas de polipropileno con alcohol al 70° y se transportaron al laboratorio de entomología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, donde se lavaron y separaron con agua en bandejas de plástico para su conteo e identificación hasta el nivel de morfoespecie (Commonwealth Scientific and Industrial Research - CSIRO, 1991; Triplehorn & Johnson, 2005; Zhang, 2011), y luego se depositaron en la colección del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en Lima.

Análisis de datos

Se analizó la riqueza de morfoespecies por cada mes de muestreo y tipo de trampa, indicando los grupos dominantes en cada uno (órdenes y familias). La comunidad de insectos se evaluó con los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), de dominancia de Simpson (D) y de equidad de Pielou (J') (Magurran & McGill, 2011); todos ellos se sometieron a la prueba de medianas con el test de Kruskal-Wallis para comprobar si hubo diferencias significativas entre los meses y tipos de muestreo. Se utilizaron estimadores no paramétricos (Chao, Jackknife 1 y 2) para calcular la riqueza esperada por mes y tipo de trampa (Chao *et al.*, 2017; Colwell *et al.*, 2004; Gwinn *et al.*, 2016). Mediante el índice de Jaccard se hizo un análisis de similitud entre ambos tipos de trampa para conocer qué tan semejantes eran respecto a la riqueza recolectada. Por último, se elaboraron curvas de acumulación de especies (Jiménez & Hortal, 2003; Ugland *et al.*, 2003) con el paquete iNEXT (Chao *et al.*, 2014; Hsieh *et al.*, 2016, 2022). Los análisis de diversidad y similitud se realizaron con el programa PAST v. 4.0 (Hammer *et al.*, 2001), y el test de medianas y las curvas de acumulación y estimación de riqueza con los paquetes Stats, iNEXT y BiodiversityR (Kindt & Coe, 2005) en Rstudio v. 1.4.1717 (R Core Team, 2022).

Resultados

Se recolectaron 160 morfoespecies distribuidas en 68 familias y ocho órdenes taxonómicos. Diptera (65), Hymenoptera (47), Hemiptera (23) y Coleoptera (17) fueron los órdenes de mayor riqueza en los tres meses de muestreo (Figura 2). En febrero, Diptera fue el grupo de mayor riqueza (S), con 47 morfoespecies, de las que 41 se recolectaron en bandejas amarillas y 23 en trampas de caída. Hymenoptera fue el segundo grupo, con S = 29, de las cuales 25 se recolectaron en bandejas amarillas y 11 en trampas de caída. Hemiptera y Coleoptera solo aportaron 13 morfoespecies en conjunto. En julio se observó que la riqueza disminuyó: Diptera presentó 22 morfoespecies (BA = 19, TC = 4), Hymenoptera 10 (BA = 9, TC = 1), Hemiptera 5 (BA = 2, TC = 4) y Coleoptera 3 (BA = 2, TC = 1). En diciembre se observó un incremento similar a febrero: Diptera con S = 40 (BA = 34, TC = 17), Hymenoptera con S = 28 (BA = 27, TC = 5), Hemiptera con S = 18 (BA = 11, TC = 12) y Coleoptera con S = 8 (BA = 5, TC = 7). Hubo diferencias significativas en la riqueza en los meses de febrero y diciembre con ambos métodos. Del total de familias observadas, 28 (17,5 %) se recolectaron exclusivamente en bandejas amarillas, entre ellas Braconidae, Crabronidae (Hymenoptera), Stratiomyidae y Muscidae (Diptera); ocho (5 %) en trampas de caída: Chrysomelidae (Coleoptera), Chrysididae (Hymenoptera), Otitidae, Tabanidae

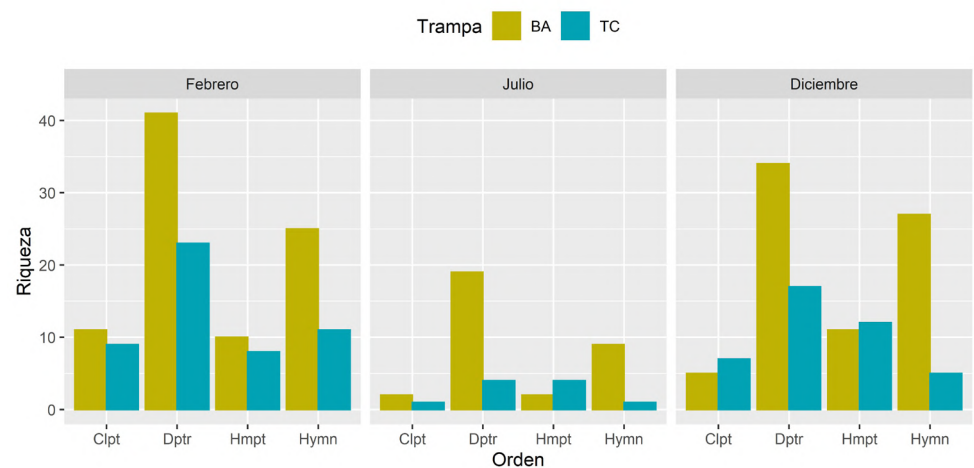


Figura 2. Riqueza de morfoespecies de los órdenes dominantes por tipo de trampa durante todo el periodo de estudio. Clpt: Coleoptera, Dptr: Diptera, Hmpt: Hemiptera, Hymn: Hymenoptera

(Diptera), Berytidae, Corixidae, Veliidae (Hemiptera) e Yponomeutidae (Lepidoptera), todas representadas por una morfoespecie, y 32 (20 %) se recolectaron con ambas técnicas, entre las cuales cabe mencionar a Coccinellidae, Hydrophilidae (Coleoptera), Anthomyzidae, Chironomidae, Dolichopodidae, Ephydriidae (Diptera), Cicadellidae (Hemiptera), Ichneumonidae, Pompilidae, Braconidae y Diapriidae (Hymenoptera) (**Tabla 2**).

En el orden Diptera, las familias Dolichopodidae y Ephydriidae fueron las de mayor aporte de morfoespecies en los tres meses de muestreo, seguidas de Chironomidae y Anthomyzidae. Chironomidae tuvo más registros en trampas de caída solo en febrero; en julio y diciembre las otras familias presentaron mayor cantidad de morfoespecies recolectadas en bandejas amarillas. En Hymenoptera, cuatro familias registraron la mayor riqueza: Pompilidae, Ichneumonidae, Braconidae y Diapriidae. En febrero, Diapriidae y

Tabla 2. Riqueza de morfoespecies por familia recolectada y tipo de trampa durante todo el período de muestreo. BA: bandeja amarilla; TC: trampa de caída

Orden	Familia	Trampa		Total
		BA	TC	
Coleoptera	Chrysomelidae	0	1	1
	Coccinellidae	5	5	5
	Elateridae	1	1	1
	Endomychidae	1	2	2
	Hydraenidae	2	0	2
	Hydrophilidae	2	3	3
	Staphylinidae	1	1	1
	Tenebrionidae	1	1	2
	Agromyzidae	2	0	2
	Anthomyzidae	5	2	6
	Cecidomyiidae	1	1	1
	Chironomidae	6	6	7
	Chloropidae	2	1	2
	Chyromyidae	2	0	2
	Culicidae	1	0	1
Diptera	Dolichopodidae	13	9	14
	Drosophilidae	2	0	2
	Ephydriidae	8	6	8
	Hybotidae	2	0	2
	Muscidae	3	0	3
	Otitidae	0	1	1
	Phoridae	2	2	2
	Sarcophagidae	2	0	2
	Scatopsidae	1	1	1
	Sphaeroceridae	1	2	2
	Stratiomyidae	4	0	4
	Syrphidae	1	0	1
	Tabanidae	0	1	1
	Tipulidae	1	1	1

Hemiptera	Anthocoridae	1	1	2
	Aphididae	2	2	2
	Berytidae	0	1	1
	Cicadellidae	7	3	7
	Cixiidae	1	1	1
	Corixidae	0	1	1
	Delphacidae	2	2	2
	Geocoridae	1	0	1
	Lygaeidae	1	0	1
	Miridae	1	0	1
	Reduviidae	1	1	2
	Saldidae	1	1	1
	Veliidae	0	1	1
	Aphelinidae	1	0	1
Hymenoptera	Apidae	1	0	1
	Braconidae	4	0	4
	Chalcididae	2	0	2
	Chrysididae	0	1	1
	Crabronidae	3	0	3
	Diapriidae	4	3	4
	Encyrtidae	2	1	3
	Eulophidae	2	0	2
	Figitidae	2	1	2
	Formicidae	1	1	2
	Halictidae	1	0	1
	Ichneumonidae	6	2	6
	Mutillidae	1	0	1
	Mymaridae	1	0	1
	Perilampidae	2	0	2
	Pompilidae	6	4	8
	Pteromalidae	1	0	1
Scelionidae	2	0	2	
Lepidoptera	Elachistidae	1	1	1
	Gelechiidae	1	1	1
	Hesperiidae	1	0	1
	Yponomeutidae	0	1	1
Odonata	Coenagrionidae	1	1	2
Psocoptera	Trogiidae	1	0	1
Thysanoptera	Thripidae	1	0	1

Pompilidae se registraron con cuatro morfoespecies en bandejas amarillas y tres en trampas de caída. En julio, Braconidae se reportó con cuatro morfoespecies, todas recolectadas en bandejas amarillas. En diciembre, Ichneumonidae y Braconidae se recolectaron solo en bandejas amarillas, y de Pompilidae se recolectaron cuatro morfoespecies, una de ellas también recolectada en trampas de caída. Las familias de los órdenes de menor riqueza por lo general se recolectaron en bandejas amarillas (**Tabla 2**).

La diversidad (H') fue superior a 3,5 en las bandejas amarillas en febrero y diciembre. En julio, la dominancia fue mayor por la influencia de los registros de Ephydridae. Según el test de Kruskal-Wallis, no hubo diferencia significativa ($p < 0,05$) en la diversidad, excepto en diciembre, y tampoco en la dominancia, pero sí en la equidad total (J') entre los dos tipos de trampa (**Tabla 3**). Según el índice de Jaccard, la similitud entre los dos métodos fue de 0,31 durante todo el estudio. El esfuerzo de muestreo realizado con las trampas de caída fue de 240 (10 trampas x 8 estaciones x 3 meses) y con las bandejas amarillas de 120 (5 bandejas x 8 estaciones x 3 meses). La riqueza observada en las bandejas amarillas fue de 138, y según los estimadores Chao y Jackknife 1 y 2, la riqueza esperada se encontraría entre 191 y 220, lo que indica que se logró recolectar entre el 62,7 y el 72,3 % del total de especies. En las trampas de caída se observaron 78 morfoespecies y según los estimadores no paramétricos, la riqueza esperada se encontraría entre 105 y 122, es decir que con esta técnica podría haberse recolectado entre el 63,9 y el 74,3 % de las especies que habitarían el humedal (**Tabla 4**). En ninguno de los casos llegaron a estabilizarse las curvas de acumulación, sin embargo, se observó un mejor desempeño con las bandejas amarillas (**Figura 3**).

Discusión

La amplia diversidad de insectos y su distribución en los diferentes hábitats requiere el empleo de varias técnicas de muestreo (Missa *et al.*, 2009) que permitan obtener una muestra representativa de la riqueza en el menor tiempo posible para inventarios biológicos y estudios de impacto ambiental, ya sea como línea de base o monitoreos, especialmente cuando se necesita información más precisa sobre grupos hiperdiversos (Donateli &

Tabla 3. Análisis de medianas con la prueba de Kruskal-Wallis y significación de 0,05 para los índices de diversidad de las trampas utilizadas durante todo el muestreo. S: riqueza de morfoespecies, H' : diversidad de Shanon-Wiener, D: dominancia de Simpson, J' : equidad de Pielou

	S	H'	D	J'
Total	12,987	3,651	0,664	8,892*
Febrero	7,814*	2,824	0,276	2,824
Julio	2,000	0,125	0,000	3,429
Diciembre	10,992*	4,864*	1,864	1,864

*: $p < 0,05$

Tabla 4. Riqueza observada y estimada con los estimadores no paramétricos e índices de diversidad por cada mes y tipo de trampa

	Bandeja amarilla				Trampa de caída			
	Total	Febrero	Julio	Diciembre	Total	Febrero	Julio	Diciembre
Órdenes	8	8	5	5	7	6	4	4
Familias	60	49	20	36	44	31	9	25
Morfoespecies	138	93	33	78	78	55	10	41
Chao	198	130	62	107	105	74	38	56
Jack1	191	129	53	110	109	76	17	59
Jack2	220	147	65	125	122	86	22	66
Diversidad (H')	3,66	3,61	1,65	3,51	3,74	3,44	2,17	3,30
Dominancia (D)	0,06	0,05	0,39	0,05	0,03	0,05	0,13	0,05
Equidad (J')	0,74	0,80	0,47	0,80	0,86	0,86	0,94	0,89

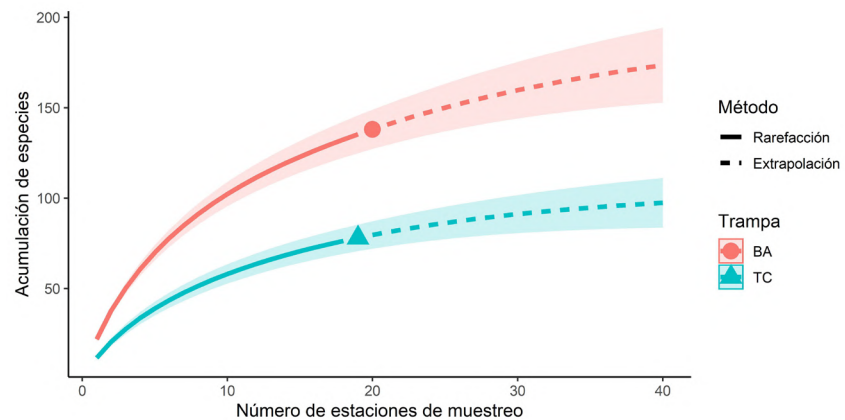


Figura 3. Curvas de acumulación de especies por el método de rarefacción. La línea entera corresponde al registro acumulado de morfoespecies y la línea punteada a la extrapolación de los datos. El área sombreada corresponde al 95 % del intervalo de confianza.

Alves, 2019). Estas metodologías deben enfocarse en el grupo de interés, y para ello es necesario conocer, por lo menos, las características tróficas o de comportamiento que permitan escoger la más adecuada. Las dos técnicas de muestreo analizadas aquí son sencillas, tienen bajo costo y un amplio rango de captura (Jerez, 2000).

Por ser del tipo pasivo, las trampas de caída sin cebo solo capturan individuos que se desplazan preferentemente por el suelo sin ejercer atracción alguna. Por lo general se usan para capturar escarabajos, hormigas y arañas y su eficacia depende de su diseño y de las condiciones del hábitat. En el presente estudio se utilizó un diseño simple, como lo recomiendan Siewers *et al.* (2014), quienes compararon tres diseños de trampa de caída, dos con cubierta y una abierta, y observaron que la eficacia de captura no fue diferente entre ellas. Aquí se pudieron recolectar grupos que se desplazan exclusivamente entre la vegetación y el suelo, como algunos coleópteros y hemípteros. Este tipo de trampas ha demostrado ser eficaz en una gran variedad de comunidades vegetales: bosques, campos agrícolas, matorrales y pastizales, donde la metodología empleada no varía significativamente (Hohbein & Conway, 2018). Las bandejas o platos de colores son trampas activas que atraen a los insectos; la riqueza, abundancia y diversidad de los ejemplares capturados dependen de los colores empleados (Buffington *et al.*, 2021; Mena *et al.*, 2016). El amarillo se usa para la mayoría de los insectos voladores, sobre todo de las familias del orden Diptera (Santos & Fernandes, 2021; Westerberg *et al.*, 2021), lo que pudo comprobarse en este trabajo. Estas trampas son importantes porque pueden atraer herbívoros y predadores, son fáciles de ubicar en campo y muy eficientes en el tiempo (Rajmohana & Trivedi, 2019); en este estudio permitieron recolectar una gran cantidad de familias, incluidas algunas de hábitos parasitoides como Braconidae e Ichneumonidae.

Se tomó como ejemplo un ecosistema de humedales cercano a una zona urbana por su fácil acceso y gran diversidad de insectos (Sánchez *et al.*, 2019). Los cuatro órdenes que registraron la mayor riqueza generalmente se encuentran en casi todos los hábitats por ser grupos hiperdiversos (Fernández *et al.*, 2021). En respuesta al hidropereodo, la mayor riqueza en las dos trampas se observó en febrero y diciembre, en tanto que julio fue el mes de menor riqueza y diversidad, pues el incremento del tamaño de los cuerpos de agua y las bajas temperaturas no favorecieron la captura de algunos grupos de insectos terrestres, además solo se obtuvieron muestras de pocas estaciones, cuatro con bandejas amarillas y tres con trampas de caída. Al existir mayor área con cobertura vegetal descubierta, en los meses de menor nivel de agua los insectos pueden distribuirse ampliamente y son atraídos en la mayoría de los casos a las bandejas amarillas, que pueden confundirse con pequeños cuerpos de agua (Santos & Fernandes, 2021) o flores, como lo demostraron Westerberg

et al. (2021) al evaluar el efecto negativo que tenía la vegetación con flores circundantes sobre el muestreo mediante bandejas de colores en un bosque de coníferas en Suecia, lo que representa un sesgo porque los grupos recolectados serían generalmente fitófagos (*Missa et al.*, 2009).

La riqueza fue diferente en febrero y diciembre con los dos tipos de trampa debido a una mayor presencia de cobertura vegetal y la atracción de grupos específicos (*Shweta & Rajmohana*, 2018), en tanto que en julio fue menor con ambas técnicas, aunque la recolección se registró principalmente en las bandejas amarillas, resultado que podría explicarse porque el color amarillo atrae a una mayor cantidad de especies dado que la reflectancia es muy similar a la del follaje verde de las plantas, como lo observaron *Mena et al.* (2016) al comparar la capacidad de captura de bracónidos con platos de diferentes colores. Además, al cubrirse de agua gran parte del humedal, la riqueza se concentró en familias con hábitos generalmente detritívoros. La diversidad fue estadísticamente similar con ambos métodos debido a la proximidad entre las formaciones vegetales, lo que permite un elevado intercambio de especies. Solo hay un trabajo previo sobre diversidad de insectos en los humedales de Ventanilla, el de *Sánchez et al.* (2019), quienes emplearon cuatro métodos de muestreo: trampas de caída, de Malaise, de recolección manual y red. El muestreo de trampas de caída consistió en dos líneas de 10 trampas, una sin cebo y la otra con carne en descomposición (necrotrampa), una vez al mes entre diciembre de 2010 y abril del 2011. A pesar de que el presente estudio difiere del mencionado, la riqueza recolectada con esas metodologías en los meses de diciembre y febrero, fue similar a la observada con las bandejas amarillas.

El uso de varios estimadores no paramétricos se recomienda para estimar el rango de la riqueza esperada, como lo anotan *Donateli & Alves* (2019) en su estudio con escarabajos de la familia Cerambycidae en Brasil, y *González et al.* (2010) al evaluar algunos estimadores en un estudio con aves en México. Aquí los indicadores estimaron que la riqueza observada se encontraría entre el 62,1 y el 74,3 % del total esperado con cualquiera de los dos métodos; según esa estimación, se esperaba que en las trampas de caída se recolectaría la mayor riqueza, sin embargo, su capacidad de captura fue menor que el de las bandejas amarillas, pues con un menor esfuerzo, en estas se logró una mayor riqueza de morfoespecies, como lo reflejó el mejor desempeño de la curva. Algunos autores recomiendan un esfuerzo de muestreo de siete a diez días con las trampas de caída (*Cheli & Corley*, 2010; *Hohbein & Conway*, 2018) para obtener una muestra representativa del hábitat estudiado; aquí solo se emplearon dos días de muestreo durante los cuales se pudo obtener aproximadamente el 70 % de la riqueza estimada con uno u otro de los dos métodos. Considerando que el humedal tiene una gran riqueza y diversidad de insectos, especialmente del orden Diptera, el esfuerzo de muestreo empleado para este hábitat fue suficiente.

Para evitar el sesgo que representa la atracción de grupos específicos a cada tipo de trampa, y que se vio reflejado en la poca similitud de los métodos, es recomendable emplearlos juntos para obtener una muestra representativa en el menor tiempo posible, ya que hay diversos factores que influyen en la diversidad obtenida (*Buffington et al.*, 2021), por ejemplo, la abundancia excesiva de algunos taxones y el comportamiento evasivo de otros (*Siewers et al.*, 2014). Esta información debe interpretarse correctamente para decidir el esfuerzo y las técnicas a emplear en la captura de los grupos de interés a partir de la eficacia y la proporción de trampas empleadas en este estudio.

Conclusiones

Los resultados permiten concluir que en el humedal de Ventanilla se pudo recolectar una muestra superior de insectos con menos bandejas amarillas comparada con la cantidad de trampas de caída, y que su empleo combinado brindó una muestra representativa de la riqueza. Por su rapidez y efectividad, este tipo de muestreo puede replicarse en diferentes hábitats manteniendo la proporción mencionada y dependiendo del área y grupo de interés a evaluar, esto para evitar recolectar una riqueza y abundancia excesivas de algunos taxones, lo que podría resultar en una interpretación equivocada de los datos.

Agradecimientos

A Víctor Morales, Leonardo Silva, Luis Arquíñigo, Luis Ramírez y Jonathan Rossi, por su apoyo en el proceso de recolección. A Blanca Cuadros e Iván Galindo por su ayuda en la separación y limpieza de las muestras para la identificación. Esta investigación fue financiada con recursos propios del autor.

Conflicto de intereses

El autor declara que no tiene conflicto de intereses.

Referencias

- Bar, A., Marom, C., Zorin, N., Gilad, T., Subach, A., Foitzik, S., Scharf, I.** (2022). Desert ants learn to avoid pitfall traps while foraging. *Biology*, *11*, 1-12. <https://doi.org/10.3390/biology11060897>
- Barreto, M., Burbano, M., Barreto, P.** (2006). Registros de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en nuevas localidades de Colombia. *Colombia Médica*, *37*, 39-45.
- Beck, J., Kitching, I. J.** (2007). Estimating regional species richness of tropical insects from museum data: A comparison of a geography-based and sample-based methods. *Journal of Applied Ecology*, *44*(3), 672-681. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01291.x>
- Beutel, R., Yavorskaya, M., Mashimo, Y., Fukui, M., Meusemann, K.** (2017). The phylogeny of Hexapoda (Arthropoda) and the evolution of megadiversity. *Proceedings of the Arthropodan Embryological Society of Japan*, *51*, 1-15.
- Boito, G. T., Giuggia, J. A., Ornaghi, J. Á., Gerardo, U. G., Giovanini, D.** (2009). Uso de trampas “Barber” para determinar la diversidad de coleópteros epígeos asociados al cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.). Córdoba, Argentina. *Revista FCA UNCuyo*, *41*(1), 23-31.
- Boyer, K. J., Fragoso, F. P., Dieterich Mabin, M. E., Brunet, J.** (2020). Netting and pan traps fail to identify the pollinator guild of an agricultural crop. *Scientific Reports*, *10* (13819), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70518-9>
- Buffington, M., Garretson, A., Kula, R., Gates, M., Carpenter, R., Smith, D., Kula, A.** (2021). Pan trap color preference across Hymenoptera in a forest clearing. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *169*(3), 298-311. <https://doi.org/10.1111/eea.13008>
- Chao, A., Colwell, R. K., Chiu, C. H., Townsend, D.** (2017). Seen once or more than once: Applying Good–Turing theory to estimate species richness using only unique observations and a species list. *Methods in Ecology and Evolution*, *8*(10), 1221-1232. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12768>
- Chao, A., Gotelli, N., Hsieh, T., Sander, E., Ma, K., Colwell, R.** (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, *84*, 45-67.
- Cheli, G. H. & Corley, J. C.** (2010). Efficient sampling of ground-dwelling arthropods using pitfall traps in arid steppes. *Neotropical Entomology*, *39*(6), 912-917. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600010>
- Colwell, R. K., Mao, C. X., Chang, J.** (2004). Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, *85*(10), 2717-2727. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9066-6_13
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization - (CSIRO), Division of Entomology** (1991). *The insects of Australia. A textbook for students and research workers*. 2a. edición. Carlton, Vi.: Melbourne University Press.
- Donateli, F. & Alves, M.** (2019). Estimation of the species richness of hyperdiverse beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in an area of atlantic forest, Minas Gerais, southeastern Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, *14*(4), 489-498. <https://doi.org/10.3897/neotropical.14.e49026>
- Fernández, F., Guerrero, R., Sánchez-Restrepo, A.** (2021). Systematics and diversity of Neotropical ants. *Revista Colombiana de Entomología*, *47*, e11082. <https://doi.org/10.25100/socolen.v47i1.11082>
- Gobierno Regional del Callao.** (2015). *Plan Maestro del ACR Humedales de Ventanilla (2015-2019)*. Gerencia de Medio Ambiente. 137 p.
- González, J. A., Díaz, A. A., Hernández, L., Buzo, D., Bonache, C.** (2010). Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation*, *33*(1), 31-45.

- Gwinn, D. C., Allen, M. S., Bonvechio, K. I., Hoyer, M. V., Beesley, L. S.** (2016). Evaluating estimators of species richness: The importance of considering statistical error rates. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(3), 294-302. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12462>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., Ryan, P. D.** (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1), 1-9.
- Hsieh, T., Ma, K., Chao, A.** (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7, 1451-1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Hsieh, T., Ma, K., Chao, A.** (2022). iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity (R package version 3.0.0). <http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software-download/>
- Jerez, V.** (2000). Diversidad y patrones de distribución geográfica de insectos coleópteros en ecosistemas desérticos de la región de Antofagasta, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73, 79-92.
- Jiménez, 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. <https://doi.org/1576-9518>
- Kindt, R. & Coe, R.** (2005). *Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies*. World Agroforestry Centre (ICRAF). <http://www.worldagroforestry.org/output/tree-diversity-analysis>
- Magurran, A. E. & McGill, B. J.** (2011). *Biological diversity frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press Inc.
- Mayhew, P. J.** (2018). Explaining global insect species richness: Lessons from a decade of macroevolutionary entomology. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 166(4), 225-250. <https://doi.org/10.1111/eea.12673>
- Mena, L., Pineda, S., Martínez, A., Gómez, B., Lobit, P., Ponce, J., Figueroa, J.** (2016). Influencia del color y altura de platos-trampa en la captura de braconidos (Hymenoptera: Braconidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 42(2), 155-161.
- Missa, O., Basset, Y., Alonso, A., Miller, S. E., Curletti, G., Meyer, M. D., Eardley, C., Mansell, M. W., Wagner, T.** (2009). Monitoring arthropods in a tropical landscape: Relative effects of sampling methods and habitat types on trap catches. *Journal of Insect Conservation*, 13, 103-118.
- Moreno, J., Rubio, Y., Pérez, E., Sánchez, V., Páez, E.** (2002). Evaluación de tres métodos de captura de anofelinos en un área endémica de malaria del estado Bolívar, Venezuela. *Entomotropica*, 17(2), 157-165.
- Oroz, A., Bustamante, A., Farfán, J., Santander, J., A, R.** (2018). Evaluación de la artropofauna asociada a los bosques de *Polylepis* de la región Puno, Perú. *Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña*, 5, 69-80.
- Parys, K. A. & Johnson, S. J.** (2011). Collecting insects associated with wetland vegetation: An improved design for a floating pitfall trap. *The Coleopterists Bulletin*, 65(4), 341-344.
- Pearson, C. V. & Dyer, L. A.** (2006). Trophic diversity in two grassland ecosystems. *Journal of Insect Science*, 2006(25), 1-11. https://doi.org/10.1673/2006_06_25.1
- Pedraza, M. del C., Márquez, J., Gómez, J.** (2010). Estructura y composición de los ensamblajes estacionales de coleópteros (Insecta: Coleoptera) del bosque mesófilo de montaña en Tlanchinol, Hidalgo, México, recolectados con trampas de intercepción de vuelo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81, 437-456.
- Peralta, J. & Huamantínco, A.** (2014). Diversidad de la entomofauna acuática y su uso como indicadores biológicos en humedales de Villa, Lima, Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 49(2), 109-120.
- R Core Team.** (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rajmohana, K. & Trivedi, J.** (2019). Yellow pan traps as an additional gadget for collecting sandhopper amphipods. *Current Science*, 117(12), 1949-1950.
- Rossi, C., Galindo, I., Huamán, G., Cuadros, B., Ortega, Y., Quispitupac, E., Martínez, N.** (2018). Primer estudio de la riqueza de coleópteros en un bosque de *Polylepis tomentella* del distrito de Chaviña (Ayacucho, Perú). *Ecología Austral*, 28(1), 229-234.
- Sabu, T. K. & Shiju, R. T.** (2010). Efficacy of pitfall trapping, Winkler and Berlese extraction methods for measuring ground-dwelling arthropods in moist-deciduous forests in the Western Ghats. *Journal of Insect Science*, 10(98), 1-17. <https://doi.org/10.1673/031.010.9801>

- Salazar, N., Fernández, W., Iannacone, J., Morales, A., Espinoza, M.** (2006). Comparación de dos métodos de colecta para anophelinos (cebo humano y trampa de luz CDC), durante la época seca y lluviosa, Yurimaguas, Perú 2005. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 23(2), 87-97.
- Sánchez, P., Alvaríño, L., Iannacone, J.** (2019). Diversidad de insectos terrestres en cuatro comunidades vegetales del Área de Conservación Regional (Acr) Humedales de Ventanilla, Callao, Perú. *The Biologist*, 17(1), 73-94.
- Santos, J. & Fernandes, G.** (2021). *Measuring arthropod biodiversity a handbook of sampling methods*. Springer Nature.
- Schauff, M. E.** (2001). Collecting and Preserving Insects and Mites: Techniques and Tools. En *Systematic Entomology Laboratory*. USDA. National Museum of History, Washington DC, 69 p.
- Shweta, M. & Rajmohana, K.** (2018). A comparison of sweep net, yellow pan trap and malaise trap for sampling parasitic Hymenoptera in a backyard habitat in Kerala. *Entomon*, 43(1), 33-44.
- Siewers, J., Schirmel, J., & Buchholz, S.** (2014). The efficiency of pitfall traps as a method of sampling epigeal arthropods in litter rich forest habitats. *European Journal of Entomology*, 111(1), 69-74. <https://doi.org/10.14411/eje.2014.008>
- Swengel, A. B.** (2001). A literature review of insect responses to fire, compared to other conservation managements of open habitat. *Biodiversity and Conservation*, 10, 1141-1169.
- Triplehorn, C. A. & Johnson, F.** (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the study of the Insects* (7th ed). Brooks/Cole., Belmont CA, 864 p.
- Ugland, K. I., Gray, J. S., Ellingsen, K. E.** (2003). The species-accumulation curve and estimation of species richness. *Journal of Animal Ecology*, 72(5), 888-897.
- Ulrichs, C. & Hopper, K. R.** (2008). Predicting insect distributions from climate and habitat data. *BioControl*, 53(6), 881-894. <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9143-8>
- Villaseca, P., Padilla, C., Ventura, G., Samalvides, F., Yañez, H., Chevarría, L., Ellis, B., Rotz, L., Leake, J., Beati, L.** (1999). Importancia de la *Lutzomyia peruensis* en la transmisión de la enfermedad de Carrión en el valle sagrado de los incas. Urubamba-Cusco, Perú. *Revista Medicina Experimental*, XV(1-2), 28-30.
- Westerberg, L., Berglund, H.-L., Jonason, D., Milberg, P.** (2021). Color pan traps often catch less when there are more flowers around. *Ecology and Evolution*, 00, 1-11. <https://doi.org/10.1002/ece3.7252>
- Wickham, H.** (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Zaller, J. G., Kerschbaumer, G., Rizzoli, R., Tiefenbacher, A., Gruber, E., Schedl, H.** (2015). Monitoring arthropods in protected grasslands: Comparing pitfall trapping, quadrat sampling and video monitoring. *Web Ecology*, 15, 15-23. <https://doi.org/10.5194/we-15-15-2015>
- Zhang, Z.-Q.** (2011). *Phylum Arthropoda von Siebold, 1848* In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. <http://hol.osu.edu/>