

Diversidad entomofaunística funcional en una asociación de árbol forrajero-pasto en el contexto ganadero cubano

Functional entomofauna diversity in the association of forage tree-basis pasture in the Cuban animal husbandry context

Osmel Alonso-Amaro¹ <https://orcid.org/0000-0003-1078-0605>, Ileana Fernández-García², Juan Carlos Lezcano-Fleires¹ <https://orcid.org/0000-0002-8718-1523> y Moraima Suris-Campos³ <https://orcid.org/0000-0002-7032-8250>

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. ²Instituto de Ecología y Sistemática, Carretera de Varona, km 3.5, Capdevila, Rancho Boyeros, La Habana, Cuba. ³Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, Autopista Nacional y Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, CP 11300, Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: osmel.alonso@ihatuey.cu, ileanafg@ecologia.cu, lezcano@ihatuey.cu, msuriscampos84@gmail.com

Resumen

Objetivo: Evaluar la diversidad de la comunidad entomofaunística, de acuerdo con su función biológica en la asociación árbol forrajero-pasto base en el conexto ganadero cubano.

Materiales y Métodos: Se evaluaron dos agroecosistemas ganaderos, con destinos productivos diferentes, compuestos por la asociación *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit cv. Perú con *Megathyrus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs cv. Likoni. En ambos, a partir del inventario de la comunidad de insectos, se calcularon los índices ecológicos: riqueza de especies, riqueza de Margalef, dominancia de Simpson, diversidad de Shannon-Wiener y equitatividad, como diversidad alfa, y al mismo tiempo, el de Morisita-Horn, como diversidad beta, mediante los programas Species Diversity & Richness 3.02 y SIMIL, respectivamente.

Resultados: Los valores de los índices Margalef y de Shannon, en cuanto a fitófagos y benéficos, en ambas áreas, fueron superiores en el estrato herbáceo (6,138-6,365; 4,471-4,697 y 1,902-2,238; 2,327-2,394) con respecto al arbóreo (4,156-4,706; 4,132-4,158 y 0,722-0,851; 1,721-2,521), lo que indicó una riqueza abundante de especies y una diversidad moderada. La equitatividad de las especies insectiles resultó superior también en el estrato herbáceo, pues hubo tendencia a que todas fueran igualmente abundantes. Mientras, la similitud entre las comunidades insectiles, según el índice de Morisita Horn, mostró semejanza evidente entre especies, con más de 70 % de coincidencia entre fitófagos y benéficos en cada estrato.

Conclusiones: Los índices ecológicos demostraron que existe diversidad de insectos numerosa y similar en las áreas muestreadas, con valores superiores, aunque no representativos, para el estrato herbáceo con relación al arbóreo. Además, debido a la compatibilidad entre *L. leucocephala* y *M. maximus*, se puede comprender mejor la composición, estructura y funcionamiento de esta comunidad insectil.

Palabras clave: biodiversidad, insecta, *Leucaena leucocephala*-*Megathyrus maximus*

Abstract

Objective: To evaluate the diversity of the entomofauna community, according to its biological function in the forage tree-basis pasture association in Cuban animal husbandry.

Materials and Methods: Two animal husbandry agroecosystems were evaluated, with different productive aims, composed by the association of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit cv. Peru with *Megathyrus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs cv. Likoni. In both, from the inventory of the insect community, the following ecological indexes were calculated: species richness, Margalef richness, Simpson's dominance, Shannon-Wiener diversity and equitability, as alpha diversity, and at the same time, Morisita-Horn index, as beta diversity, through the programs Species Diversity & Richness 3.02 and SIMIL, respectively.

Results: The values of the Margalef and Shannon's indexes, regarding phytophagans and beneficial insects, in both areas, were higher in the herbaceous stratum (6,138-6,365; 4,471-4,697 and 1,902-2,238; 2,327-2,394) with regards to the tree stratum (4,156-4,706; 4,132-4,158 and 0,722-0,851; 1,721-2,521), which indicated an abundant richness of species and moderate diversity. The equitability of the insect species was also higher in the herbaceous stratum, because there was trend to all of them being equally abundant. Meanwhile, the similarities among the insect communities, according to the Morisita Horn index, showed evident similarity among species, with more than 70 % of coincidence among phytophagans and beneficial insects in each stratum.

Conclusions: The ecological indexes showed that there is numerous and similar diversity of insects in the sampled areas, with higher values, although not representative, for the herbaceous stratum compared with the tree one. In addition, due to the compatibility between *L. leucocephala* and *M. maximus*, the composition, structure and functioning of this insect community can be better understood.

Keywords: biodiversity, insects, *Leucaena leucocephala*-*Megathyrus maximus*

Recibido: 27 de junio de 2021

Aceptado: 21 de octubre de 2021

Como citar este artículo: Alonso-Amaro, Osmel; Fernández-García, Ileana; Lezcano-Fleires Juan Carlos & Suris-Campos, Moraima Diversidad entomofaunística funcional en una asociación de árbol forrajero-pasto. *Pastos y Forrajes*. 44:e30, 2021.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

Introducción

La diversidad biológica (biodiversidad) se puede describir en términos de número, abundancia, composición y distribución espacial-temporal de sus entidades u organismos (genotipo, especie, comunidades en los ecosistemas) y caracteres funcionales e interacciones entre sus componentes (Hooper *et al.*, 2005). Se destaca la diversidad funcional, como la que explica, en mayor medida, los efectos de la biodiversidad en la provisión de servicios ecosistémicos en los agroecosistemas, principalmente los de regulación (Salgado-Negret, 2016).

La capacidad de resiliencia ecológica está relacionada con la presencia de diferentes grupos funcionales y sus interacciones. Por tanto, si desaparece uno de ellos, ocurrirán cambios en la actividad biológica de los ecosistemas. Ello permite entender que la redundancia funcional (presencia de varias especies en cada grupo funcional) puede incrementar la capacidad de respuesta o de adaptación a los cambios ambientales (Hooper *et al.*, 2005). Por ello, en la transición hacia el desarrollo de una agricultura sustentable sobre bases agroecológicas, la calidad de los agroecosistemas es esencial para incrementar las interacciones positivas de la biodiversidad, de modo que contribuyan a la regulación de las plagas (Matienzo-Brito *et al.*, 2019).

Los insectos, como componentes de la biodiversidad en los ecosistemas, desarrollan interacciones numerosas y complejas, por las diferentes funciones que realizan (fitófagos o herbívoros, detritívoros, coprófagos, descomponedores de la materia orgánica, polinizadores), sobre todo los que actúan como enemigos naturales (Angelo, 2017). De ahí que resulte imprescindible conocer las especies que conviven en un agroecosistema antes de establecer prácticas de manipulación del hábitat, con el propósito de modificar las relaciones entre las comunidades de insectos (Baños-Díaz *et al.*, 2020).

La aplicación de los índices ecológicos para definir la diversidad de insectos existente en agroecosistemas ganaderos, compuestos por asociaciones de plantas leñosas y herbáceas (de diferentes familias, gramíneas y leguminosas, fundamentalmente), que proveen de hábitats a la entomofauna asociada e intervienen en el mejor funcionamiento de estos agroecosistemas (Murgueitio-Restrepo *et al.*, 2016), constituye un conocimiento importante en el ámbito de la ecología, y su medición resulta esencial para determinar la salud de los ecosistemas (Daly *et al.*, 2018).

Al considerar la limitada información científica disponible, en cuanto a estudios de la diversidad de insectos en los sistemas agroforestales en Cuba, el objetivo de esta investigación fue evaluar la diversidad de la comunidad entomofaunística, de acuerdo con su función biológica en la asociación árbol forrajero-pasto base (leucaena-guinea) en el contexto ganadero cubano.

Materiales y Métodos

Áreas experimentales, ubicación, *caracterización general y duración de la investigación*. Durante tres años, en la Estación Experimental Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), situada en la provincia de Matanzas, Cuba, se evaluaron dos agroecosistemas ganaderos, establecidos en un suelo Ferralítico rojo lixiviado, de acuerdo con la clasificación de Hernández-Jiménez *et al.* (2015). Ambos estaban compuestos por la asociación más representativa en la ganadería de Cuba, con variedades comerciales aprobadas por el MINAG (2017): *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit cv. Perú (*Fabaceae*) como árbol forrajero, y *Megathyrus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs cv. Likoni (*Poaceae*) como pasto base.

El destino productivo de una asociación era la ceba de ganado bovino en desarrollo, correspondiente al genotipo Siboney de Cuba ($\frac{1}{8}$ Holstein x $\frac{7}{8}$ Cebú), en un sistema silvopastoril (SSP) de 1,3 ha, con una densidad de 396 árboles ha⁻¹ y seis años de explotación. La finalidad de la otra asociación era la producción de semilla en un campo de semilla básica de leucaena (CSB) de 0,2 ha; 3 000 árboles ha⁻¹ y 16 años de explotación.

Manejo de los sistemas productivos con relación a la fitosanidad. Durante el periodo experimental no se aplicó fertilización inorgánica u orgánica, riego ni plaguicidas químicos o biológicos. Solo se realizó la labor de defoliación (podas estratégicas) a la arbórea, en surcos alternos, en ambas áreas, en el primer y tercer año, para garantizar el alimento a los animales en el cuartón durante el periodo de escasez (el poco lluvioso), y para estimular la producción semillera de la leguminosa en el campo de semilla básica, donde también se realizó el corte de la guinea en el momento de la cosecha de la leucaena. Se consideró además, la acción al ramonear y el pisoteo de los animales, cuando se introducían en el sistema silvopastoril en cada rotación (con carga que varió entre 1,1 y 3 animales ha⁻¹) después del tiempo de reposo adecuado, de acuerdo con la época del año (de 28 a 45 días en el periodo lluvioso y de 49 a 66 en el poco lluvioso).

Métodos de evaluación y de muestreo de la entomofauna. Para cuantificar los insectos presentes en las áreas en estudio, en cinco puntos, de acuerdo con el método del sobre, cada 15 días se muestrearon las hojas, inflorescencias y legumbres de *L. leucocephala* cv. Perú (según el estado fenológico de la leguminosa en ese momento), y el follaje de *M. maximus* cv. Likoni.

Para lograr la mayor captura posible de los individuos, se utilizaron dos métodos de recolección: la red entomológica (100 pases en los puntos de muestreo, lo que equivale a 25 m²) en el estrato arbóreo como en el herbáceo, y la bolsa de nailon transparente, en el 5 % de los árboles de leucaena, distribuidos en los cinco puntos en los que se tomaron las muestras. Se utilizó para ello una vara, a una altura de 2 m, aproximadamente, (zona de ramoneo) en el cuartón, y hasta 3 m en el campo de semilla.

Identificación de los insectos y determinación de los grupos funcionales. Los insectos que se recolectaron se trasladaron a los laboratorios de protección de plantas de la EEPFIH y de entomología del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), para su identificación mediante claves taxonómicas, revisión y comparación con las colecciones de insectos del Instituto de Ecología y Sistemática (IES) y de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Se contó, además, con la contribución de otros especialistas de diferentes instituciones (científicas y educativas) del país.

Después de la identificación de cada especie insectil, se determinó su función por grupos, según el criterio de Ruíz y Castro (2005), por medio de la información acerca del hábito principal de alimentación, descrito en la literatura científica, y las observaciones que se realizaron en el campo. Específicamente, se delimitaron dos grupos: los insectos fitófagos y los benéficos (entre los que se incluyen, los depredadores, parasitoides, polinizadores, descomponedores de la materia orgánica, coprófagos y micófagos).

Determinación de la diversidad de la comunidad de insectos en los agroecosistemas. La diversidad biológica de la entomofauna se determinó mediante diferentes índices ecológicos, según la clasificación de los métodos de medición a nivel de especie, descritos por Moreno (2001). Como indicadores, en la diversidad alfa, en ambas áreas, entre las medidas de riqueza específica, se evaluaron los índices de riqueza de especies (S), dada por el número total de especies obtenido por el censo de la comunidad, así como el índice de diversidad d' de

riqueza de Margalef (DMg). En el caso de las medidas de la estructura, entre los índices de abundancia proporcional, se utilizaron el de dominancia de Simpson (DSp), y los de equidad: índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), y el de equitatividad o uniformidad (E), respectivamente. En tanto, para la medición de la diversidad beta, entre ambas comunidades, se aplicó el índice de similitud/disimilitud o distancia de Morisita-Horn, con datos cuantitativos.

Se consideró la diversidad alfa porque representa qué tan diverso es un ecosistema a escala local, es decir, la diversidad de las especies a escala individual, en cada área que se muestreó. Se estudió además la diversidad beta, porque responde a la relación que puede existir entre ambos ecosistemas, lo que constituye el porcentaje de comunidades diferentes o no, criterio semejante al que informan Baselga y Gómez (2019).

Como criterio de evaluación del índice H' , se asumió que este se expresa con un número positivo, que varía de acuerdo con los ecosistemas, entre 0,5 y 5. Valores menores que 2 se consideran ínfimos; de 2 a 3, moderados, y superiores a 3, significativos (Pla, 2006). Mientras para DMg, se estimó que los valores menores que 2 son de riqueza escasa, y los cercanos a 5 expresan riqueza óptima o abundante (Mora *et al.*, 2017). En el índice de Simpson, se tuvo en consideración la escala propuesta por Acebey y Ramírez (2014), con cifras que varían entre 0 y 1; entre 0 y 0,33 indican diversidad reducida, entre 0,34 y 0,66 media, y más de 0,67 notable o numerosa. Respecto al índice de equitatividad, se adoptó lo que señalaron Martella *et al.* (2012), con valores entre 0 y 1, donde el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes, y el 0, la ausencia de uniformidad.

Para afirmar la existencia de similitud entre las especies de las dos áreas, se tomó como premisa que el valor del índice debía ser superior a 0,7 (70 %), pues cuando el mismo es igual a 1, hay semejanza completa, y cuando es 0, las comunidades no tienen especies en común, de acuerdo con lo expuesto por Pérez y Sola (1993).

El cálculo de los índices de la diversidad alfa se realizó mediante el programa Species Diversity & Richness 3.02 (Henderson y Seaby, 2002), y el de la diversidad beta, con el programa informático en línea, SIMIL (Pérez y Sola, 1993).

Resultados y Discusión

De manera general, como resultado del cálculo de los índices ecológicos referidos a la comunidad

de insectos de acuerdo con su función biológica, en ambos agroecosistemas (SSP y CSB) se constataron valores similares en el estrato arbóreo como en el herbáceo (tabla 1).

No obstante, en el estrato arbóreo del SSP, en el caso del número o riqueza de especies (S), las fitófagas, alcanzaron un valor ligeramente superior al de las que se encontraron en el CSB. Mientras, en las benéficas ocurrió lo contrario (tabla 1).

En ese mismo estrato arborescente, al calcular el índice de Margalef, se encontró coincidencia con la riqueza de especies (S) antes descrita, debido a la influencia del número de individuos, distribuidos en el mayor espacio vertical de la planta de leucaena con respecto a la cantidad de especies presentes. Los valores afines de DMg, que muestran una óptima o abundante riqueza (Mora-Donjuán *et al.*, 2017), para fitófagos como para benéficos, en ambas áreas, indicaron que en las comunidades insectiles existe un balance adecuado entre los consumidores y reguladores (tabla 1).

También en el estrato arbóreo, al analizar los datos del cálculo del índice de Shannon-Wiener, los mayores valores se encontraron en la población de insectos del SSP, a favor de los benéficos, que mostraron ser moderadamente diversos con respecto a los fitófagos, que alcanzaron diversidad ínfima, de acuerdo con el criterio de Pla (2006). Mientras, los

menores valores se hallaron en el CSB, pero en la misma proporción (tabla 1).

Este comportamiento ocurrió en ambas áreas, debido a la mayor dominancia de los fitófagos, con cifras que mostraron diversidad notable o numerosa con respecto a la de los benéficos, que indicaron una diversidad reducida, de acuerdo con lo que informan Acebey y Ramírez (2014). *Heteropsylla cubana* Crawford fue el insecto más frecuente (hasta 80 %) y abundante (hasta 84,8 %) en la comunidad, lo que coincide con lo informado por Alonso *et al.* (2018). Además, hubo relación con la ausencia de equitatividad o uniformidad que mostraron las especies (tabla 1), con excepción de los benéficos en el área del SSP, que experimentaron una tendencia a que todas las especies fueran igualmente abundantes, en correspondencia con lo que señalaron Martella *et al.* (2012).

En el estrato herbáceo, en ambas áreas, el número de especies (S) mostró una tendencia similar a la del arbóreo, en cuanto a la diferencia mínima entre los valores, aunque con número mayor de especies fitófagas y benéficas. Sin embargo, hubo menor cantidad de individuos en ambos grupos funcionales en las dos áreas, excepto en los benéficos en el SSP, que fue algo superior (tabla 1).

Los valores del índice de Margalef, en ambos grupos funcionales de cada área, superaron los que

Tabla 1. Comportamiento de los índices ecológicos de la entomofauna en las áreas evaluadas.

Estrato arbóreo	SSP		CSB	
	Fitófagos	Benéficos	Fitófagos	Benéficos
Índice				
Número de especies (S)	46	31	41	33
Índice de riqueza (DMg)	4,706	4,132	4,156	4,158
Índice de diversidad (H')	0,851	2,521	0,722	1,721
Índice de dominancia (D _{Sp})	0,707	0,115	0,753	0,308
Índice de equitatividad (E)	0,222	0,734	0,194	0,492
Número de individuos (N)	14 215	1 423	15 138	2 198
Estrato herbáceo	SSP		CSB	
Índice	Fitófagos	Benéficos	Fitófagos	Benéficos
Número de especies (S)	47	36	52	34
Índice de riqueza (DMg)	6,138	4,697	6,365	4,471
Índice de diversidad (H')	2,238	2,394	1,902	2,327
Índice de dominancia (D _{Sp})	0,218	0,140	0,325	0,137
Índice de equitatividad (E)	0,581	0,668	0,481	0,660
Número de individuos (N)	1 797	1 722	3 020	1 604

SSP-Sistema silvopastoril

CBS-Campo de semilla básica

se obtuvieron en el estrato arbóreo, al igual que los del índice H' , que resultaron notablemente superiores, y solo ligeramente inferiores en los benéficos en el SSP. De ahí que el índice DMg indicó una riqueza de especies óptima o abundante, y el de H' apuntó a una diversidad moderada de especies (Pla, 2006; Mora-Donjuán *et al.*, 2017). Los valores del índice de dominancia se calificaron como de diversidad media, según Acebey y Ramírez (2014), para los fitófagos como para los benéficos en el SSP y en el CSB (tabla 1).

Los resultados para el índice de equitatividad fueron superiores a los que se alcanzaron en el estrato arbóreo, con excepción de los del grupo de los benéficos en el SSP, que indicaron una tendencia a que todas las especies fueran igualmente abundantes, de acuerdo con lo que informan Martella *et al.* (2012). Este comportamiento se debió a la menor repartición de hábitats con respecto a los que ofrece la leucaena como arbusto, pues su follaje ocupa mayor área en el espacio vertical. De ahí que hubo mayor diversidad (H') en el estrato vegetal herbáceo, que específicamente se calificó como moderada, con tendencia a ser significativa según Pla (2006).

La mayor diversidad de especies de insectos en la gramínea pratense predominante, la guinea likoni, evidenció la ausencia de cualquier organismo, al actuar como plaga en el estrato herbáceo, debido a la arquitectura y textura de la planta. Aunque la presencia del sílido (*H. cubana*) contribuyó de forma notable a la población de fitófagos, principalmente en la leguminosa (83,86 % en el SSP y 86,62 % en el CSB); además de que estuvo presente en el estrato herbáceo (42,57 % en el SSP y 55,13 % en el CSB) que le ofrece refugio (Altieri y Nicholls, 2010).

Los resultados descritos indican que se produjo un balance superior entre la comunidad de especies insectiles en el estrato herbáceo con relación al arbóreo, ya que en el primero se logra un equilibrio mayor entre las poblaciones de las diferentes especies de insectos (al existir un menor número de individuos), que a su vez no tienen las mismas funciones, mostrándose mayor preponderancia en el CSB. En este último, las plantas de guinea, al no ser pastoreadas, presentan una estructura macollosa más voluminosa, que le ofrece más opciones de refugio a los insectos benéficos. Mientras, en el estrato arbóreo, compuesto por las plantas de leucaena, hubo mayor dominancia del fitófago *H. cubana*.

No obstante, Alonso y Lezcano (2014) y Vázquez *et al.* (2014) señalaron que el uso de las leguminosas arbóreas en los agroecosistemas ganaderos (que se

califican como complejos) puede ser una de las vías que permite incrementar la conservación de los enemigos naturales, al brindar condiciones de refugio y alimentación apropiadas, sobre todo para los depredadores de insectos fitófagos, aunque en menor grado que la guinea en el estrato herbáceo.

Con estos resultados se reafirma la importancia de la biodiversidad, según el criterio de Iermanó y Sarandón (2016). Estos autores señalan que la diversidad de especies vegetales es un componente importante en la reducción de las probabilidades del desarrollo de las plagas, al no existir una población numerosa de hospedantes susceptibles a una plaga específica; al mismo tiempo que ofrece hábitat a cuantiosas especies insectiles que constituyen enemigos naturales de otras que son dañinas.

Ramírez-Barajas *et al.* (2019) señalaron que la inclusión de árboles y arbustos en un potrero incrementó no solo la cantidad de especies vegetales, sino (y, quizás sea lo más importante) el número de refugios, microclimas y hábitats adecuados para que pueda coexistir un mayor número de organismos, como los insectos. No obstante, en la biodiversidad funcional también pueden convivir aves, reptiles, mamíferos, anfibios y moluscos, entre otros muchos grupos de seres vivos, que unidos a la presencia de los bovinos, que constituyen el principal componente animal en el SSP con respecto al CSB, participan activamente en la dinámica agroforestal. Ello le concede a estos sistemas mayor conectividad con los ecosistemas naturales, con respecto a los convencionales con pastos en monocultivo, lo que a su vez sugiere ideas para la integración entre la producción pecuaria y la conservación de la biodiversidad (Harvey *et al.*, 2004). Esta última se puede favorecer por el accionar de los insectos benéficos, como los coleópteros coprófagos, o las hormigas, como biorreguladores de plagas, entre otros, que se consideran bioindicadores en estos agroecosistemas (Sinisterra *et al.*, 2016; Chamorro *et al.*, 2018).

Otro aporte importante de los sistemas productivos estudiados fue la reafirmación del criterio de Vázquez *et al.* (2014) y Vázquez y Jacques (2019), quienes plantearon que los agroecosistemas que poseen un servicio ecológico cercano al de los sistemas naturales, tienen mayor estabilidad de su fauna benéfica. Además, por su condición de policultivos, según Altieri y Nicholls (2010), se produce incremento en la abundancia de depredadores y parasitoides, debido a una mayor disponibilidad de presas alternativas, fuentes de néctar y microhá-

bitats apropiados. Por tanto, estos agroecosistemas diversificados, que se gestionan mediante prácticas de la agricultura ecológica, tienen mayores ventajas que los altamente simplificados, como los sistemas agropecuarios convencionales, según afirman Lichtenberg *et al.* (2017), donde los desequilibrios ecológicos que se suceden son más frecuentes y peligrosos (Nicholls *et al.*, 2016).

Además, se coincidió con el criterio de Cucchi *et al.* (2020), ya que se favoreció el control biológico en el manejo de plagas, como parte de la estructura del manejo de la biodiversidad. A su vez, se reafirmó la repercusión positiva de este tipo de control para lograr una agricultura más biológica y sostenible, por los beneficios que aporta al agroecosistema. En el caso específico del control biológico por conservación, en estos agroecosistemas se contribuyó también a la reducción de la carga tóxica, al no utilizar plaguicidas importados, que es uno de sus impactos positivos, aunque aún está por cuantificar esa contribución, según señalan Vázquez y Pérez (2017) y Márquez *et al.* (2020).

Con relación a la similitud entre las comunidades de especies insectiles existentes en el SSP y el CSB, según los estratos, los grupos funcionales y el total de especies de insectos que se detectaron en cada caso se muestran en la tabla 1. Como resultado del cálculo del índice de Morisita-Horn (tabla 2), se pudo ver que, en ambas áreas, hubo semejanza evidente (aunque no completa) entre los fitófagos y los benéficos, en el estrato arbóreo como en el herbáceo, pues el valor fue superior a 0,7 en todos los casos, con ligera superioridad para los fitófagos.

Ello indica que hubo más de 70 % de coincidencia entre las especies insectiles que se capturaron (de 77 a 99 %), de acuerdo con el criterio de Pérez y Sola (1993).

Esto significa que a pesar de que cada área tuvo un destino productivo y un manejo de la plantación diferente, esta condición no influyó en que se encontraran diferencias notables entre las especies recolectadas. No obstante, hubo una tendencia decreciente del número de especies insectiles, observada de un año a otro, en los dos estratos de cada área (tabla 3), excepto los fitófagos en el tercer año en el SSP y los benéficos en el segundo año en el CSB, que aumentaron ligeramente en el estrato arbóreo, y los benéficos en el año 2 en el CSB, que se mantuvieron en igual cantidad en el estrato herbáceo. Por ello, se precisa realizar un manejo adecuado de dichas asociaciones, según su fin productivo.

Este comportamiento pudo estar relacionado con que a medida que aumenta el tiempo de explotación, existe tendencia a la disminución de la diversidad de especies en estos sistemas ganaderos. Así lo constataron Alonso-Lazo *et al.* (2007) en un SSP con la misma leguminosa y gramínea evaluadas en esta investigación, debido al efecto significativo de la poda de la arbórea, y a la acción del animal al ramonear en ambos estratos. De ahí la premisa a cumplir, en cuanto al manejo, para que estas plantaciones perduren en el tiempo con la biodiversidad necesaria y el equilibrio biológico requerido entre las poblaciones de insectos fitófagos y benéficos.

También fue evidente la posibilidad de la competencia, el reemplazo o la dominancia de determinadas

Tabla 2. Similitud entre las comunidades de especies de insectos en las áreas evaluadas.

Áreas	Estrato	Grupo funcional	Especies insectiles comunes	Índice de Morisita-Horn
SSP/CSB	Arbóreo	Fitófago	39	0,998
		Benéfico	26	0,777
	Herbáceo	Fitófago	40	0,929
		Benéfico	26	0,823

SSP-Sistema silvopastoril, CSB-campo de semilla básica

Tabla 3. Número de especies insectiles recolectadas por año en cada área experimental.

Año	Estrato arbóreo				Estrato herbáceo			
	SSP		CSB		SSP		CSB	
	F	B	F	B	F	B	F	B
1	39	27	33	23	33	25	38	23
2	29	17	26	25	30	21	30	23
3	30	14	22	11	25	19	27	16

F-Fitófagos, B-Benéficos, SSP-Sistema silvopastoril, CSB-campo de semilla básica

especies insectiles en las comunidades; además del efecto del parasitoidismo o la depredación, la disponibilidad de recursos, y la variación de los factores abióticos del medio y de otros regímenes de perturbación, que debido a la complejidad de los sistemas no se pudieron medir de forma autoecológica. De lo anterior se deduce que las especies de insectos puedan generar un efecto sinérgico con todos esos factores, los que a su vez se pueden modificar con el accionar del hombre en el manejo de estos agroecosistemas, criterios que coinciden con lo referido por Hooper *et al.* (2005).

Se entendió que la complejidad de las interacciones entre los enemigos naturales, los cultivos asociados y otras posibles plantas hospedantes, así como las características propias de los agroecosistemas en estudio, son factores determinantes, en cuanto a la necesidad y el éxito de la dispersión de insectos benéficos, lo que repercute de manera positiva en la sostenibilidad del manejo de plagas, tal como informaron Vázquez y Jacques (2019).

Conclusiones

Los índices ecológicos demostraron la existencia, de manera general, de una diversidad de insectos numerosa y similar en las áreas muestreadas, con valores superiores, aunque no representativos, para el estrato herbáceo, a pesar de que las especies en este estrato tuvieron acceso a un menor número de hábitats con respecto al arbóreo. El estudio de la diversidad en la comunidad de insectos presentes en las asociaciones de leucaena y guinea, representativas del tipo de sistema agroforestal más utilizado en el país, permitieron comprender mejor la composición, estructura y funcionamiento de esta comunidad insectil.

Con los resultados de este estudio, se dispone inicialmente de las bases para el establecimiento de una estrategia de manejo fitosanitario agroecológico de dichas plantaciones. No obstante, se debe determinar aún en qué medida repercuten las prácticas de manejo de los sistemas productivos objeto de investigación (plantaciones y animales) en la magnitud y estabilidad de las poblaciones de insectos biorreguladores, así como la forma más efectiva de lograr su mejor conservación durante un período lo más prolongado posible.

Agradecimientos

Se agradece la ejecución de la investigación y la obtención de los resultados informados en este estudio, al financiamiento del proyecto *Evaluación y diversificación de recursos fitogenéticos en*

diferentes zonas edafoclimáticas en Cuba (código: P211LH005018), perteneciente al Programa de Ciencia Tecnología e Innovación *Uso sostenible de los componentes de la diversidad biológica de Cuba*, representado por la Agencia de Medio Ambiente (AMA) y dirigido por el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) de la República de Cuba.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

- *Osmel Alonso-Amaro*. Planificó y ejecutó el protocolo experimental de la investigación, buscó información bibliográfica, procesó los datos sobre los índices ecológicos mediante los programas utilizados, y realizó el análisis e interpretación de los resultados, redactó el manuscrito y realizó su revisión durante el proceso de edición hasta su publicación.
- *Ileana Fernández-García*. Facilitó uno de los programas para el cálculo de los índices ecológicos e instruyó sobre su ejecución, proporcionó información bibliográfica y participó en el análisis e interpretación de los resultados.
- *Juan Carlos Lezcano-Fleires*. Aportó información bibliográfica, participó en el análisis e interpretación de los resultados, y colaboró con la redacción del manuscrito y su revisión durante el proceso de edición hasta su publicación.
- *Moraima Suris-Campos*. Revisó, desde el punto de vista metodológico, el protocolo experimental de la investigación, proporcionó uno de los programas para el cálculo de los índices ecológicos, y emitió las orientaciones pertinentes para su ejecución, intervino en el procesamiento y análisis de los datos y en la interpretación de los resultados, y colaboró con la revisión del manuscrito durante el proceso de edición hasta su publicación.

Referencias bibliográficas

- Acebey, R. & Ramírez, J. C. Estudio de la diversidad de insectos en el cultivo de ají (*Capsicum* spp.) en la comunidad de las casas y naranjal, del municipio de Padilla del parque nacional-área natural manejo integrado (PN-ANMI) serranía del Iñaño. En: M. Ramos, ed. *Ciencias Tecnológicas y Agrarias, Handbook*. Sucre, Bolivia: USFX. p. 33-52. http://www.usfx.bo/nueva/Dicyt/Handbooks/Ciencias%20Tecnol%F3gicas%20y%20Agrarias_2/Ciencias%20Tecnol%F3gicas%20y%20Agrarias_Handbook_Vol%20II/PAPERS_25/art3.pdf, 2014.
- Alonso, O. & Lezcano, J. C. Integración de sistemas silvopastoriles. En: L. L. Vázquez-Moreno, comp.

- Compendio de buenas prácticas agroecológicas en manejo de plagas*. La Habana: Editora Agroecológica. p. 71-75, 2014.
- Alonso, O.; Lezcano, J. C. & Suris, Moraima. Frecuencia y abundancia de la entomofauna en *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit cv. Perú asociada con guinea. *Memorias VI Congreso Internacional de Producción Animal 2018*. Mayabeque, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2018.
- Alonso-Lazo, J.; Valenciaga-Valdés, Nurys; Sampaio, R. A. & Leite, G. L. D. Diversidad zoológica asociada a un silvopastoreo leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. *Pesq. agropec. bras.* 42:1667-1674, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001200001>.
- Altieri, M. A. & Nicholls, Clara I. *Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas*. Medellín, Colombia: SOCLA. https://multiversidad.es/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/Diseños-Agroecologicos-para-incrementar-las-poblaciones-de-insectos-beneficos_.pdf, 2010.
- Angelo, Mary J. La seguridad alimentaria, la agricultura industrializada y un cambio climático mundial. *Perspectivas en Estados Unidos y Cuba. Fla. J. Int'l L.* 29:38. <https://scholarship.law.ufl.edu/fjil/vol29/iss1/38>, 2017.
- Baños-Díaz, Heyker L.; Miranda-Cabrera, Ileana; Duarte-Martínez, Leticia; Cuellar-Yanes, L.; Suris-Campos, Moraima & Martínez-Rivero, María de los A. Diversidad de artrópodos asociados a *Solanum lycopersicum* L. y *Capsicum annuum* L. en una finca suburbana en Cuba. *Rev. Protección Veg.* 35:1-7. <http://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/1094/1620#m2>, 2020.
- Baselga, A. & Gómez-Rodríguez, Carola. Diversidad alfa, beta y gamma: ¿cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas? *NACC, Biol.* 26:39-45. <https://revistas.usc.gal/index.php/nacc/article/view/6413>, 2019.
- Chamorro, W.; Marín-Armijos, D.; Granda, Valeria & Vaz de Mello, F. Z. Listado de especies y clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) presentes y presuntos para Ecuador. *Rev. Colomb. Entomol.* 44:72-100, 2018. DOI: <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6545>.
- Cucchi, N. J. A.; González, M. F.; Mendoza, G. B. & Becerra, V. C. Control biológico. In: N. J. A. Cucchi, comp. *Agricultura sin plaguicidas sintéticos. Manejo agroecológico de plagas en cultivos argentinos*. Buenos Aires: INTA Ediciones, Estación Experimental Agropecuaria Mendoza. p. 201-255, 2020.
- Daly, Aisling J.; Baetens, J. M. & De Baets, B. Ecological diversity: Measuring the unmeasurable. *Mathematics*. 6:119, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/math6070119>.
- Harvey, Celia A.; Tucker, N. I. J. & Estrada, A. Live fences, isolated trees, and windbreaks: tools for conserving biodiversity in fragment tropical landscape. In: G. Schroth, G. A. B. da Fonseca, Celia A. Harvey, Claude Gascon, H. L. Vasconcelos and Anne M. N. Izac, eds. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Washington: Island Press. p. 261-289. https://www.researchgate.net/publication/325128589_Live_Fences_Isolated_Trees_and_Windbreaks_Tools_for_Conserving_Biodiversity_in_Fragmented_Tropical_Landscapes, 2004.
- Henderson, P. A. & Seaby, R. H. *Species diversity and richness 3.02*. Lymington, UK: Pisces Conservation Ltd. <http://www.pisces-conservation.com>, 2002.
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. & Castro-Speck, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.
- Hooper, D. U.; Chapin III, F. S.; Ewel, J. J.; Hector, A.; Inchausti, P.; Lavorel, S. *et al.* Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol. Monogr.* 75:3-35, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1890/04-0922>.
- Iermanó, María J. & Sarandón, S. J. Rol de la agrobiodiversidad en sistemas familiares mixtos de agricultura y ganadería pastoril en la región pampeana argentina: su importancia para la sustentabilidad de los agroecosistemas. *Rev. Bras. Agroecol.* 11:94-103. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/39527https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/39527/CONICET_Digital_Nro.9e59047a-096e-4b97-ab67-7dc12bfe0358_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y, 2016.
- Lichtenberg, Elinor M.; Kennedy, Christina M.; Kremen, Claire; Batáry, P.; Berendse, F.; Bommarco, R. *et al.* A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Glob Change Biol.* 23:4946-4957, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.13714>.
- Márquez, María E.; Vázquez, L. L.; Rodríguez, Mayra G.; Ayala-Sifontes, J. L.; Fuentes, F.; Ramos, M. *et al.* Biological control in Cuba. In: J. C. van Lenteren, Vanda H. P. Bueno, María G. Luna and Yelitza Colmenarez, eds. *Biological control in Latin America and the Caribbean. Its rich history and bright future*. Boston, USA: CAB International. CABI Invasive species series 12. p. 176-193, 2020.
- Martella, Mónica B.; Trumper, E. V.; Bellis, Laura M.; Renison, D.; Giordano, Paola F.; Bazzano,

- Gisela *et al.* Manual de Ecología. Evaluación de la biodiversidad. *Reduca (Biología)*. 5:71-115. <http://revistareduca.es/index.php/biologia/articulo/view/917>, 2012.
- Matienzo-Brito, Y.; Vázquez, L. L. & Alfonso-Simonetti, J. Quality of agroecosystems as habitats to natural enemies and biological control agents. In: B. Souza, L. L. Vázquez and R. C. Marucci, eds. *Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems*. Cham, Switzerland: Springer. p. 27-33, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1_3.
- MINAG. *Lista oficial de variedades comerciales 2017-2018. Registro de variedades comerciales*. La Habana: Ministerio de la Agricultura, Dirección de Semillas y Recursos Fitogenéticos, 2017.
- Mora-Donjuán, C. A.; Burbano-Vargas, Olga N.; Méndez-Osorio, C. & Castro-Rojas, D. F. Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus* L.) en la Sierra Madre del Sur, México. *Kurú*. 14:70-71, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18845/rfmk.v14i35.3154>.
- Moreno, Claudia E. *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, España: CYTED, ORCYT/UNESCO, SEA. MyT-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>, 2001.
- Murgueitio-Restrepo, E.; Barahona-Rosales, R.; Flores-Estrada, Martha X.; Chará-Orozco, J. D. & Rivera-Herrera, J. E. Es posible enfrentar el cambio climático y producir más leche y carne con sistemas silvopastoriles intensivos. *Ceiba*. 54:23-30, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5377/ceiba.v54i1.2774>.
- Nicholls, Clara I.; Altieri, M. A. & Vázquez, L. L. Agroecology: principles for the conversion and redesign of farming systems. *J. Ecosys. Ecograph*. S5:1, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7625.S5-010>.
- Pérez, F. J. & Sola, F. M. *SIMIL: Programa para el cálculo de los índices de similitud. Programa informático*. <http://entomologia.iespana.es/descargas/calculodelosindicesdediversidad.html>. [05/05/2020], 1993.
- Pla, Laura. Biodiversidad inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*. 31:583-590. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es, 2006.
- Ramírez-Barajas, P. J.; Santos-Chable, Bella E.; Casanova-Lugo, F.; Lara-Pérez, L. A.; Tucuch-Haas, J. I.; Escobedo-Cabrera, A. *et al.* Diversidad de macro-invertebrados en sistemas silvopastoriles del sur de Quintana Roo, México. *Rev. Biol. Trop.* 67:1383-1393, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i6.36944>.
- Ruíz, Lorena & Castro, Adriana E. Riqueza y distribución de grupos funcionales de insectos en parcelas de maíz en Los Altos de Chiapas. En: M. González, N. Ramírez y Lorena Ruiz, coords. *Diversidad biológica en Chiapas*. México: Editorial Plaza y Valdés S. A. de C. V. p. 441-473, 2005.
- Salgado-Negret, Beatriz, Ed. *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016.
- Sinisterra, Rosa M.; Gallego-Roper, María C. & Armbrrecht, Inge. Hormigas asociadas a nectarios extraflorales de árboles de dos especies de Inga en cafetales de Cauca, Colombia. *Acta Agron.* 65:9-15. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169943143003>, 2016.
- Vázquez, L. L. & Jacques, G. C. Dispersion and increase of natural enemies in agroecosystems. In: B. Souza, L. L. Vázquez and R. C. Marucci, eds. *Natural enemies of insect pests in neotropical agroecosystems. Biological control and functional biodiversity*. Cham, Switzerland: Springer. p. 49-62, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1>.
- Vázquez, L. L.; Paredes, E.; Veitia, Marlene; Casanova, A.; Leyva, A.; Quintero, P. L. *et al.* Diseño de sistemas de cultivos complejos. En: Luis L. Vázquez Moreno, comp. *Compendio de buenas prácticas agroecológicas en manejo de plagas*. La Habana: Editora Agroecológica. p. 65-71, 2014.
- Vázquez, L. L. & Pérez, Nilda. El control biológico integrado al manejo territorial de plagas de insectos en Cuba. *Agroecología*. 12 (1):39-46. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/330331/229291>, 2017.