

Evaluación de la biodiversidad en el manejo agroecológico de plagas en una entidad productiva de Matanzas

Evaluation of biodiversity in agroecological pest management in a productive entity of Matanzas

Juan Carlos Lezcano-Fleires¹ <https://orcid.org/0000-0002-8718-1523>, Taymer Miranda-Tortoló¹ <https://orcid.org/0000-0001-8603-7725>, Luis Lamela-López¹ <https://orcid.org/0000-0003-4963-3100>, Iván Lenin Montejo-Sierra¹ <https://orcid.org/0000-0001-5823-2750>, Katerine Oropesa-Casanova¹ <https://orcid.org/0000-0002-4310-5019>, Osmel Alonso-Amaro¹ <https://orcid.org/0000-0003-1078-0605>, Ibelice Mendoza², Ricardo León-Hidalgo³ <https://orcid.org/0000-0003-1844-258X>

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. ²Universidad de Matanzas, Facultad de Agronomía, Autopista a Varadero km 3 1/2. ³Centro Universitario Municipal de Aguada de Pasajeros, Cienfuegos, Cuba. Correo electrónico: lezcano@ihatuey.cu

Resumen

Objetivo: Caracterizar la biodiversidad y determinar su grado de complejidad, como base para el manejo agroecológico de plagas en una entidad campesina.

Materiales y Métodos: En la finca en estudio, perteneciente al municipio Colón, provincia Matanzas, se cuantificó la biodiversidad durante un año. Se aplicaron los índices de Margalef y Shannon (H') y se utilizó la metodología de Vázquez y Matienzo (2010) para determinar el grado de complejidad de la biodiversidad en la finca, que considera cinco componentes: nociva, funcional, introducida funcional, auxiliar y productiva.

Resultados: Se obtuvo una riqueza de especies agrupadas en 25 familias, que se destacaron por su uso como frutal, maderable, forraje y alimento animal. Además, se constató el escaso número de plantas bioplaguicidas, de barreras y cercas vivas, así como la poca complejidad de la biodiversidad funcional y la introducida funcional, lo que contribuye a la incidencia y al inadecuado manejo agroecológico de las plagas en el sistema productivo. Finalmente, la unidad se calificó de medianamente compleja (31 %).

Conclusiones: La biodiversidad estuvo representada, principalmente, por especies de las familias *Poaceae* y *Fabaceae*, seguidas de *Anacardiaceae*, *Boraginaceae* y *Rutaceae*. El predio se clasificó como medianamente complejo. Los componentes de la biodiversidad más determinantes de ese comportamiento fueron la funcional, la introducida funcional y la nociva, lo que repercutió negativamente en el manejo de las plagas.

Palabras clave: biodiversidad, organismos patógenos y plagas

Abstract

Objective: To characterize the biodiversity and determine its degree of complexity, as basis for pest agroecological management in a farmer entity.

Materials and Methods: In the studied farm, belonging to the Colón municipality, Matanzas province, biodiversity was quantified during one year. Margalef and Shannon (H') indexes were applied and the methodology proposed by Vázquez and Matienzo (2010) was used to determine the degree of complexity of biodiversity in the farm, which considers five components: noxious, functional, functional introduced, auxiliary and productive.

Results: A richness of species grouped in 25 families was obtained, which stood out for their use as fruit, timber, forage and feed. In addition, the scarce number of biopesticide plants, of living barriers and fences, as well as the little complexity of functional and functional introduced biodiversity, was observed, which contributes to the incidence and inadequate agroecological management of pests in the productive system. Finally, the unit was qualified as little complex (31 %).

Conclusions: Biodiversity was represented mainly by species from the families *Poaceae* and *Fabaceae*, followed by *Anacardiaceae*, *Boraginaceae* and *Rutaceae*. The farm was classified as little complex. The most determinant biodiversity components of that performance were the functional, functional introduced and noxious ones, which had negative repercussions on pest management.

Keywords: biodiversity, pathogen organisms and pests

Introducción

El modelo industrial de producción intensiva, que ha imperado en la agricultura cubana durante 400 años, ha provocado la degradación y compactación

del suelo, la deforestación, la sobreexplotación de los recursos naturales y la ruptura del equilibrio ecosistémico (Casimiro y Casimiro, 2018), factores que afectan el desarrollo de una agricultura sostenible.

Recibido: 14 de septiembre de 2020

Aceptado: 14 de noviembre de 2020

Como citar este artículo: Lezcano-Fleires, J. C.; Miranda-Tortoló, Taymer; Lamela-López, L.; Montejo-Sierra, I. L.; Oropesa-Casanova, Katerine; Alonso-Amaro, O.; Mendoza, Ibelice & León Hidalgo, R. Evaluación de la biodiversidad en el manejo agroecológico de plagas en una entidad productiva de Matanzas. *Pastos y Forrajes*. 43 (4):293-303, 2020.

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.

Según Nicholls *et al.* (2015) y Fernández y Marasas (2015), en el mundo este modelo ha contribuido a homogenizar el paisaje, simplificar la biodiversidad y transformar las fincas en ecosistemas artificiales, altamente dependientes de plaguicidas químicos, maquinarias, así como de la intervención humana. Esta inestabilidad en los agroecosistemas ha recrudecido los problemas ocasionados por las plagas, debido a que las comunidades de plantas, modificadas para satisfacer las necesidades de los seres humanos, se han hecho más vulnerables a los daños intensos que provocan los organismos nocivos, pues han perdido las características de autoregulación que le fueron inherentes en su comunidad natural (Altieri y Nicholls, 2010). Mientras se modifican estas comunidades, son más graves y frecuentes los desequilibrios ecológicos que se observan en los sistemas agrícolas simplificados (Nicholls *et al.*, 2015).

Con el fin de contrarrestar estos efectos, el sector agrícola en Cuba realiza un proceso de reconversión o transición hacia una producción agropecuaria sostenible, soberana y resiliente, en la que la rectificación de los fracasos tecnológicos convencionales y la promoción de prácticas agroecológicas conduzcan a la implementación y al conocimiento de sistemas complejos, que conserven los recursos naturales en el rediseño predial. Sin embargo, para lograr este propósito es importante diagnosticar en cada finca la diversidad biológica existente, por su importancia en la reconversión y el diseño de sistemas estables, así como en la funcionalidad de los agroecosistemas y, de manera particular, en la reducción de las plagas y la conservación de sus enemigos naturales (Vergara-Ruiz, 2017; Sarandón, 2018).

Diversas investigaciones han demostrado que es posible estabilizar las poblaciones de organismos plagas, cuando se diseñan y construyen arquitecturas vegetales que logren mantener las poblaciones de sus enemigos naturales o que posean efectos disuasivos directos en los herbívoros plaga. En Cuba, estos estudios se han llevado a cabo fundamentalmente en sistemas agrícolas de producción urbana, periurbana y suburbana (Vázquez, 2015; Matienzo-Brito *et al.*, 2015a). No obstante, no ha sido así en las fincas campesinas con integración ganadería-agricultura, como las que existen en la provincia de Matanzas, donde estos elementos se desconocen aún o es insuficiente la información disponible acerca del tema. Teniendo en cuenta lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo fue caracterizar la

biodiversidad y determinar su grado de complejidad, como base para el manejo agroecológico de las plagas en una entidad campesina.

Materiales y Métodos

Entidad productiva campesina donde se realizó la investigación. Finca de un productor que pertenece a la CCS Sabino Pupo, en el municipio Colón, provincia Matanzas, en Cuba. Esta finca cuenta con 42,3 ha en total. Solo dos de ellas se utilizan para el autoconsumo familiar, y el resto para la ganadería.

Criterios de selección de la finca objeto de estudio. Pertenece al Proyecto Programa de Innovación Agropecuario Local (PIAL) en la provincia Matanzas. Se consideró su historia, el tiempo de explotación y el carácter innovador del productor y su liderazgo.

Periodo de evaluación. Diciembre del 2014 a diciembre del 2015.

Inventario de la biodiversidad presente en la finca y determinación de los índices ecológicos utilizados. Se cuantificó el número de especies e individuos durante un año (mensualmente) y se caracterizaron de acuerdo con su propósito. Los índices utilizados para evaluar la biodiversidad fueron la riqueza de especie de Margalef (IM) y la diversidad de especies de Shannon (H), según las recomendaciones de Moreno (2001). El cálculo se realizó mediante el programa *Diversity Species & Richness* 3.02 (Henderson y Seaby, 2002).

Identificación de la biodiversidad. Se utilizó el Diccionario Botánico de Nombres Vulgares Cubanos (Roig, 1975).

Determinación del grado de complejidad de los componentes de la biodiversidad en la finca. Se aplicó la metodología de Vázquez y Matienzo (2010) para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas, como base para el manejo agroecológico de plagas. Esta metodología considera cinco componentes de biodiversidad: productiva (Bp), nociva (Bn), introducida funcional (Bif), funcional (Bf) y auxiliar (Ba).

Para cada componente se evaluaron diferentes indicadores, a los que de acuerdo con el valor de campo que adquirieron (absoluto o porcentual), se les atribuyeron grados de complejidad, según la escala que muestra la tabla 1. Posteriormente, se procedió a multiplicar cada grado de la escala por el total de indicadores o componentes que lo poseían, y al final se sumaron todos los valores que resultaron de dicha multiplicación. El grado de complejidad de cada componente se obtuvo a partir de la

Tabla 1. Escala para clasificar la complejidad de cada indicador y componente de la biodiversidad.

Grado de complejidad del sistema	Valor absoluto	Porcentaje	Denominación del grado de complejidad del sistema
0	0	0	Simplificada
1	1-3	1-25	Poco compleja
2	4-6	26-50	Medianamente compleja
3	7-10	51-75	Compleja
4	Más de 10	Más de 75	Altamente compleja

división del valor resultante de la sumatoria de la multiplicación de cada indicador entre el valor de la multiplicación del total de componentes por el número de grados de la escala (N=4). El grado de complejidad de la finca se obtuvo a partir de la división del valor resultante de la sumatoria de la multiplicación de cada grado-indicador entre el valor de la multiplicación del total de componentes (N=48) por el número de grados de la escala (N=4) y por último, con la multiplicación por cien para obtener el valor porcentual.

Diagnóstico de las plagas insectiles y los agentes causantes de enfermedades. Durante el período evaluado y de manera participativa, se interactuó con el productor para conocer los principales organismos nocivos que afectan los cultivos en su finca y determinar su conocimiento acerca de las plagas y los métodos para su control.

Paralelamente, se realizaron muestreos fitosanitarios mensuales y se procedió a la colecta de las plagas y las muestras afectadas. Se colectaron aquellas plantas o sus partes dañadas por los microorganismos patógenos.

Las muestras recogidas se trasladaron para su estudio al laboratorio de protección de plantas de la Estación Experimental de Pastos y Forraje Indio Hatuey. La identificación de los organismos nocivos se realizó con la ayuda de claves taxonómicas y criterios de diversos especialistas (Alayo, 1970; Barnett y Hunter, 1998; Mound y Kibby, 1998; Peck, 2005; Triplehorn y Johnson, 2005; Cristobal-Alejo *et al.*, 2006; Barro y Núñez, 2011; Pérez *et al.*, 2015; Vázquez *et al.*, 2015; Estrada y Ramírez, 2019).

Se consideró un organismo nocivo aquella especie de insecto, ácaro, molusco u otro fitófago, nematodos fitoparásitos y hongos, bacterias, virus y otros fitopatógenos, definidos por el agricultor como de importancia para las plantas de interés productivo; según su percepción individual, que puede diferir de los criterios convencionales. Este aspecto fue recomendado por Vázquez *et al.* (2015).

Resultados y Discusión

Biodiversidad. El inventario notificó en la finca objeto de estudio 167 894 individuos, pertenecientes a 65 especies de 25 familias. Este valor, conjuntamente con el que alcanzó el índice de Margalef (DMg) en esta entidad productiva, que fue de 5,1, confirmó la riqueza de especies, diversa y cuantiosa. Estos resultados, cuantificados con un valor superior a cinco, son similares a los que obtuvieron Salmón *et al.* (2012) y Milián *et al.* (2018) en Cuba.

Salmón *et al.* (2012), al evaluar los componentes de la biodiversidad en una finca agroecológica en Las Tunas, informaron un valor de 5,7. Milián *et al.* (2018) obtuvieron 5,3 en un estudio de la funcionalidad de esos componentes en una finca en transición agroecológica en el municipio Perico, provincia Matanzas.

En esta investigación, *Poaceae* y *Fabaceae* constituyeron las dos familias más representadas, con 13 y 11 especies, respectivamente, lo que reafirma la importancia que tienen como alimento animal. En Cuba, estas familias agrupan el mayor número de plantas comestibles, siendo *Fabaceae* la que lidera la lista. Le siguen, en ocasiones, *Poaceae* o *Rutaceae*, como informaron González *et al.* (2018) al caracterizar el funcionamiento integral de un agroecosistema premontañoso en la comunidad de Limonar de Monte Rous, en Guantánamo.

Los pastos naturales y mejorados [*Digitaria eriantha* Stent, *Paspalum notatum* Flügge, *P. virgatum* L., *Sporobolus indicus* (L) R. Br., *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf, *Urochloa distachya* L. T.Q., *Cynodon dactylon* (L), *Dichanthium caricosum* Pers. y *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & Jacobs), así como las plantas forrajeras (*Saccharum officinarum* L.) y el híbrido de hierba elefante *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone x *Cenchrus americanus* L. Morrone.] agruparon las especies más numerosas. No se comportaron así las gramíneas destinadas al consumo humano, de las

que solo se cuantificaron dos (*Zea mays* L. y *Oryza sativa* L.).

Los resultados de este trabajo concuerdan con los de Sánchez-Santana *et al.* (2019), quienes al evaluar la composición florística en 10 fincas campesinas refirieron que los pastos representaron 80 % de las especies encontradas.

En la familia *Fabaceae*, se registró superioridad de las especies destinadas a alimentar el ganado vacuno y mejorar la calidad del suelo [*Desmodium triflorum* (L.) DC., *Alysicarpus vaginalis* (L.) DC., *Tamarindus indica* L., *Albizia lebbbeck* Benth, *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., *Racosperma abbatianum* (Pedley) Pedle, *Dichrostachys cinerea* y *Cannavalia ensiformes* L.] en comparación con las que el productor empleó para alimentar a su familia [*Phaseolus vulgaris* L. y *Vigna unguiculata* (L.) Walp].

Estos resultados tienen su fundamento en que en las fincas, cuya actividad fundamental es la producción de leche vacuna, utilizan casi la totalidad de las tierras en función de cultivar los pastos y los forrajes y, en menor medida, en sembrar otros cultivos agrícolas destinados al consumo animal como humano (Salmón *et al.*, 2012).

Esta diversidad cultivada (pasturas, gramíneas y cultivos anuales) y asociada posee un valor incalculable por sus múltiples funciones ecológicas, entre las que se encuentran el control de la erosión, la formación, el mantenimiento de los suelos fértiles y la regulación de plagas mediante la preservación de los insectos benéficos y la vida silvestre (Iermanó y Sarandón, 2016).

Además, en la finca objeto de estudio, la biodiversidad la conforman 41 cultivos, pertenecientes a otras 23 familias, entre las que se destacan *Mangifera indica* L., *Spondias purpurea* L., *Anacardium occidentale* L.; *Pistacia atlantica* Desf. (Anacardiaceae), *Swietenia macrophylla* King., *Melia azedarach* L., *Persea americana* Mill y *Sassafras albidum* (Nutt.) Nees (Lauraceae), *Cucurbita pepo* L., *Cucumis sativus* L. (Cucurbitaceae), *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. y *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae), *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken y *Mysotis scorpioies* L. (Boraginaceae), *Prunus persica* L., *Pyrus communis* L. (Rosaceae), *Gmelina arborea* Roxb (Lamiaceae), *Morus alba* L. (Moraceae), *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae), *Citrus x limon* (L.) Burm. f. (pro.sp.), *Citrus reticulata* Blanco, *Citrus x sinensis* (L.) Osbeck (pro.sp.) y *Citrus aurantium* L. (Rutaceae). De estas familias, la última constituyó la más representada,

con cuatro especies, resultado que coincide con el informado por Milián *et al.* (2018).

De la biodiversidad informada se destaca, además, su múltiple funcionalidad. En la finca se constató la presencia de 12 usos (figura 1). De estos, el frutal fue el que agrupó la mayor cantidad de especies (22 de 65 en total). Le siguieron los pastos (11), los maderables-forestales-cercas vivas (9), el forraje (8) y las viandas, los granos, las hortalizas, las ornamentales y los bioplaguicidas (tres cada uno) y, finalmente, el abono verde (una especie). Esta distribución del uso de las plantas fue superior a la que refirieron Salmon *et al.* (2012) y Milián *et al.* (2018), ya que ellos solo informaron la presencia de los árboles.

La existencia de una riqueza específica de frutales y otros árboles multipropósitos en este predio ratifica el criterio de Russo (2015), quien planteó que los productores prefieren mantener en sus ecosistemas especies que puedan ofrecer múltiples funciones económicas, lo que confirma la importancia de estas plantas en la entidad productiva.

Los árboles mejoran el entorno, así como la calidad física, química y biológica de los suelos. Además, incrementan el contenido de la materia orgánica. Se usan como cercas vivas, brindan sombra, aportan fruto, reciclan nutrientes, abaratan el costo de los productos en los mercados, protegen el potencial hídrico del lugar, sirven de hábitat a la fauna silvestre y proveen bienes y servicios beneficiosos para la población humana (Braun *et al.*, 2016). En el ámbito ganadero, los arbustos forrajeros mejoran la calidad y disponibilidad del pasto base (Loyola-Hernández *et al.*, 2019), producen gran cantidad de follaje y muestran contenidos de proteína bruta y de digestibilidad *in vitro* de la materia seca dos o tres veces superiores con respecto a los pastos tropicales, lo que avala la funcionalidad de estas especies y su función en el agroecosistema. Por esta razón, al sembrar el productor concibió diversidad de plantas arbóreas con potencial agrosilvopastoril, pertenecientes a los géneros *Leucaena*, *Albizia*, *Morus*, entre otras halladas e identificadas en esta finca.

Los árboles maderables presentes en los potreros ofrecen bienestar al animal, mejoran las condiciones del medio ambiente y constituyen estrategias que pueden mitigar el efecto del cambio climático, como se evidenció en la finca evaluada, donde los árboles que existen cumplen esas funciones.

Con relación a los aspectos importantes para el manejo agroecológico de las plagas, se pudo constatar

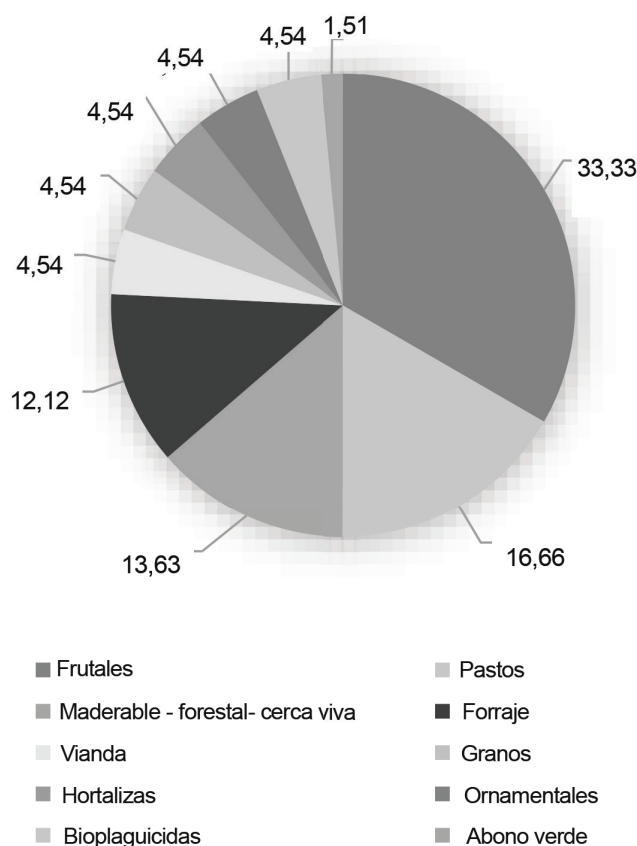


Figura 1. Distribución de usos en la finca evaluada.

el escaso número de plantas con uso bioplaguicida, entre las cuales se identificaron *M. azedarach*, *A. indica* y *S. albidum*. Se observó, además, la inexistencia de otras que se utilizan como reservorios de entomófagos (biodiversidad funcional): albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.), caléndula (*Calendula officinalis* L.), coriandro (*Coriandrum sativum* L.), hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill), girasol (*Helianthus annuus* L.) y romerillo blanco (*Bidens pilosa* L.). Todas resultan esenciales para el control natural de las plagas (Vázquez, 2011).

De igual manera se registró escasa diversidad interespecífica de cultivos, los que se usan como alimento animal y los que cumplen otras funciones en el agroecosistema. Se trata de ornamentales, hortalizas y granos, además de los que se emplean como barreras y cercas vivas. La importancia de estas últimas es incalculable, debido a los significativos servicios ambientales que prestan: delimitan la propiedad, limitan el acceso de personas y animales,

contribuyen al embellecimiento del paisaje y sirven como fuentes de forraje para los animales. Además, desde el punto de vista fitosanitario, también poseen propiedades bioplaguicidas, pues actúan como barrera física y plantas trampa (Vázquez, 2011; 2015).

La deficiente diversidad interespecífica observada en esta investigación se corroboró al evaluar el índice de Shannon (H'), cuyo resultado final fue de 1,7. Esto indica que no existe una distribución uniforme de todas las especies. Además, como es un valor inferior a dos, se considera que existe baja diversidad de especies, según el criterio de Moreno (2001). Esto se ratificó al comprobar que el cultivo más abundante fue *Z. mays* (con 63 904 plantas) seguido por *S. officinarum* (con 31 250 individuos). En menor cuantía, le siguieron la moringa (*M. oleifera*), el nomeolvides (*Myosotis sylvatica* L.) como planta ornamental y la ceiba (*C. pentandra*), con solo un individuo. Mientras, los árboles multipropósito tuvieron

mayor diversidad interespecífica, y se cuantificaron, aproximadamente, más de 1 000 individuos. Este resultado fue inferior al informado por Salmón *et al.* (2012) para el caso de los frutales (244 vs. 400), pero superior para los maderables (935 vs. 400).

La finca evaluada es el resultado de la intensificación del modelo convencional, y aun cuando el productor intenta diversificarla se evidencia la homogenización y simplificación del paisaje, caracterizada por la extensión del monocultivo de pastos naturales, forrajes y otros cultivos de importancia para la alimentación animal.

Complejidad de la finca. La finca se clasificó como medianamente compleja (tabla 2), categoría en la que se agruparon dos de las componentes en estudio (Bn y Ba) y tres en la poca compleja (Bn, Bf y Bif).

En cuanto a influencia negativa de la Bn y Bf en la obtención del grado de complejidad simplificado, los resultados de esta investigación coinciden con los que informan Galindo-Maturell *et al.* (2019), quienes en un contexto similar al anteriormente descrito estudiaron entidades productivas de un agroecosistema suburbano perteneciente a la provincia Santiago de Cuba.

En los momentos actuales, los estudios relacionados con la complejidad de la biodiversidad en las fincas ganaderas son de vital importancia. En este sentido, Cuba ha implementado diversas estrategias, entre las que se encuentran la entrega de tierra a usufructuarios y la integración ganadería-agricultura, que requieren de estos conocimientos para el manejo eficiente y sostenible de las entidades productivas basadas en este tipo de integración.

La figura 2 mostró el comportamiento de las componentes de la biodiversidad durante la investigación. La Bn dejó ver un valor porcentual de complejidad superior al que exhibió la Bif y Bf, así como un comportamiento inversamente proporcional con respecto a dichas componentes.

Según Rodríguez-Saldañas *et al.* (2014), esta interpretación es positiva, pues el aumento de los organismos nocivos se relaciona con la disminución de la actividad de los controles biológicos o los biorreguladores en la finca, por solo mencionar algunos ejemplos.

Entre las plagas insectiles identificadas (16, en 15 cultivos) se hallan *Prosapia bicincta fraterna* (Say) y *Remigia latipes* (Guenée). Fundamentalmente, se encontraron asociadas a los pastos *C. dactylon*, *D. caricosum*, *P. notatum*, *P. virgatum* y *M. maximus*; *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) y *Helicoverpa zea* (Boddie) se registraron en el maíz; *Erinnyis ello* (L.) en la yuca, *Pseudacysta perseae* (Heidemann) en el aguacate y *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en el café. Se identificó en el boniato a *Cylas formicarius* (Fabricius) y *Typophorus negritus* (Fabricius) y en el frijol, a *Omiodes indicata* (Fabricius). *Thrips palmi* Karny y *Bemisia tabaci* (Gennadius) se hallaron en el pepino y el tomate, y *Diabrotica balteata* J. L. LeConte en este último cultivo. *Atta insularis* Guérin-Ménéville se registró en la leucaena. *Diaphania hyalinata* L. y *Aphis gossypii* Glover se hallaron en la calabaza. Vázquez *et al.* (2015) informaron resultados similares en diferentes sistemas de producción en la provincia La Habana, en Cuba. Datos semejantes notificaron Vargas *et al.* (2019), quienes también identificaron

Tabla 2. Evaluación de la finca de acuerdo al grado de complejidad de su biodiversidad.

Grado máximo de la escala (N)	4
Productos de multiplicar cada grado por el número de indicadores que lo tienen:	
0x17 (simplificado)	0
1x15 (poco complejo)	15
2x8 (medianamente complejo)	16
3x3 (complejo)	9
4x5 (altamente complejo)	20
Sumatoria de los productos de la multiplicación de cada grado	60
Total de indicadores evaluados	48
Producto de multiplicar el total de indicadores por el número de grados de la escala	192
Grado de complejidad	31
Clasificación de la finca con respecto al grado de complejidad de la biodiversidad	poco compleja

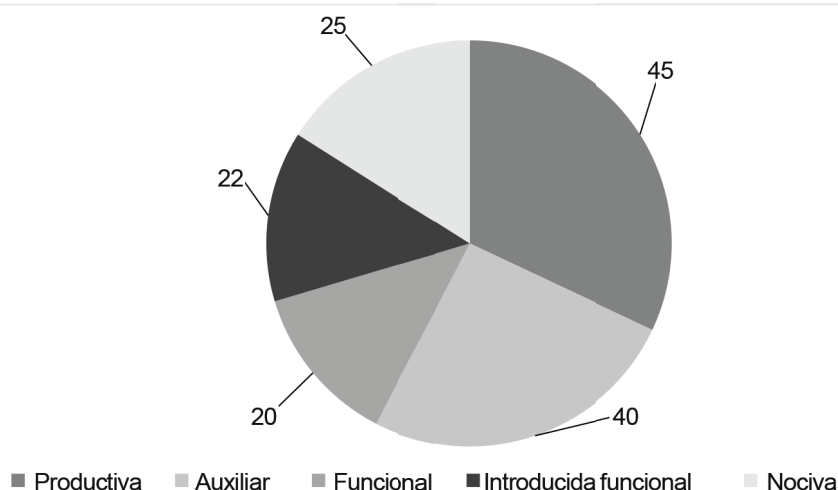


Figura 2. Comportamiento de las componentes de la biodiversidad durante la investigación.

a *C. formicarius*, *H. zea*, *T. negritus*, *D. hyalinata* y *D. balteata* entre las especies insectiles que afectaron la vegetación existente en dos fincas suburbanas en Santiago de Cuba.

La incidencia de hongos fitopatógenos, parásitos y enfermedades en los animales constituyó otro indicador de significación en la componente Bn. Aunque se clasificó como poco complejo, se incluyen aquí agentes dañinos de relevancia para el sistema productivo evaluado. Este es el caso del mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis* Berk & Curt) en el cultivo del pepino, *Erysiphe cichoracearum* DC en la calabaza y *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en el plátano, microorganismos que también se consideran nocivos en la literatura consultada (Hernández-Mansilla *et al.*, 2016; Alvarado-Aguayo *et al.*, 2019). Asociado al segundo grupo (parásitos), se detectó *Rhipicephalus microplus*, lo que coincide con lo informado por Fuentes-Castillo *et al.* (2019). En la tercera agrupación (enfermedades de los animales) se destacó la mastitis bovina, alteración de importancia para la ganadería lechera en Cuba (Ruiz-Gil *et al.*, 2016; García-Sánchez *et al.*, 2019).

De lo antes descrito se deduce la necesidad de mantener una adecuada biodiversidad funcional en la finca para evitar que el agroecosistema pierda su capacidad natural para la autoregulación de organismos nocivos y el control ecológico de plagas como servicios ecosistémicos.

En los sistemas donde la regulación de plagas se realiza de manera natural imperan condiciones

e interconexiones que favorecen la estabilidad de las poblaciones de insectos, así como los hábitats alternativos para los controles biológicos (Altieri y Nicholls, 2010; Iermanó y Sarandón, 2016; Vázquez y Pérez, 2017). Existen, en variedad y abundancia, enemigos naturales que las controlan (depredadores, parasitoides, fitófagos, fitoparásitos y fitopatógenos), por lo que en estos ambientes se desarrollan complejos procesos biológicos dotados de una elevada funcionalidad.

En el agroecosistema evaluado se detectaron irregularidades en la componente Bf y Bif, que denotan la deficiente funcionalidad de este predio.

Se observó en la Bf que el productor no realizó aplicaciones foliares de abonos orgánicos en los campos ni manejó en la finca las crías rústicas de los enemigos naturales ni sus liberaciones masivas. Además, tampoco utilizó los reservorios de los biorreguladores naturales, indicadores que se evaluaron como simplificados, y que influyeron negativamente en la poca complejidad que obtuvo dicha componente, cuyo valor porcentual fue de 16 (figura 2).

A partir de lo anterior se explica la necesidad de usar enmiendas orgánicas, como una práctica que estimula la protección, conservación y mejoramiento de la fertilidad natural de los suelos, el crecimiento de una rica comunidad de microorganismos, los procesos tróficos de transferencia de nutrientes y el desarrollo y la protección de los cultivos (Jaizme-Vega, 2015; Martínez-Rodríguez, 2015). Además, se ha comprobado su contribución a

la sostenibilidad de las producciones de la agricultura urbana, suburbana y, fundamentalmente, la familiar.

También se reconoce la urgencia de implementar opciones viables para el manejo agroecológico de las plagas, entre las que se encuentran la conservación, el manejo y la utilización de los enemigos naturales, lo que beneficia la biodiversidad funcional, el desarrollo sostenible de los sistemas de producción agropecuaria y el incremento de la actividad reguladora de las especies más eficientes. Se logran mayores tasas de regulación como resultado de la acción conjunta de los diferentes organismos que cohabitan en el sistema productivo (Vázquez y Pérez, 2017). Es por ello que en Cuba se ha generalizado en los propios agricultores un procedimiento que utiliza pseudotallos de plátanos como reservorios de la hormiga leona *Pheidole megacephala*, cuyas colonias se trasladan e inoculan en los campos de boniato para el control de *C. formicarius* (Vázquez, 2011; CNSV, 2016), insecto plaga diagnosticado en la finca.

Con respecto a la componente Bif, se corroboró que el productor no utilizó los agentes biológicos (entomófagos y entomopatógenos) y, además, no aplicó las micorrizas en los cultivos, lo que propició que cinco de los nueve indicadores medidos en esta componente se consideraran como simplificados, y que se clasificara dicha componente como poco compleja. Sin embargo, estas buenas prácticas representan actividades importantes para el fomento de los sistemas sostenibles de producción, así como para el manejo agroecológico de las plagas. Tales como la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* LBT-24 (1-2 L ha⁻¹) y el entomófago *Chelonus insularis* (parasitoide de huevos-larvas), que participan en el control de la principal plaga del maíz (*S. frugiperda*) (Vázquez, 2011; Vázquez y Pérez, 2017; Hernández-Trejo *et al.*, 2018), y no se encontraron en la finca objeto de estudio.

Como indicadores de la Ba que contribuyeron a que la finca fuera poco compleja, se registró la ausencia de especies que sirven como plantas repelentes y su utilización en las siembras, así como la inexistencia de siembras con sombras permanentes y deficiente número de arboledas o minibosques. Dichos indicadores variaron en su nivel de complejidad, desde lo simplificado (los dos primeros) hasta lo poco complejo (último indicador). A estos se sumaron en la Bp, la sombra temporal, las asociaciones y el intercalamiento de cultivos, las barreras vivas y el deficiente porcentaje de siembras con este tipo de biodiversidad, donde solo el primer indicador obtuvo la calificación de simplificado, siendo el resto de medianamente complejo.

La biodiversidad agrupada en estas dos componentes es responsable de importantes funciones y servicios ecológicos en los sistemas agrícolas. Por tanto, su ausencia limita el reciclaje de nutrientes y el control del microclima, lo cual impide el desarrollo de un habitat favorable para incrementar la actividad reguladora y la conservación de las especies benéficas. Asimismo, restringe la regulación de los organismos plagas (Matienzo *et al.*, 2015b) y de los procesos y servicios biológicos, que requieren para su persistencia mantener y aumentar la biodiversidad.

Conclusiones

El grado de complejidad de la finca en estudio se calificó de medianamente complejo, lo que se debe al comportamiento determinante de los componentes de la biodiversidad funcional, introducida funcional y nociva. Esto obedece, fundamentalmente, al manejo inadecuado de su biodiversidad, lo que contribuyó a la incidencia de agentes nocivos en los cultivos y en los animales.

En la finca, la biodiversidad estuvo representada, principalmente, por especies de las familias *Poaceae* y *Fabaceae*, seguidas de *Anacardiaceae*, *Boraginaceae* y *Rutaceae*, entre otras.

Agradecimientos

Se agradece al Programa de Innovación Agropecuaria Local (PIAL), financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), que aportó financiamiento y apoyo logístico para realizar las investigaciones. Asimismo, se agradece al productor Leonardo Paredes y su familia por contribuir al desarrollo de las investigaciones en su finca.

Contribución de los autores

- Juan Carlos Lezcano-Fleires. Generó la idea de la investigación, buscó información bibliográfica, ejecutó los experimentos con las mediciones correspondientes, participó en la identificación de la biodiversidad, redactó el manuscrito y realizó su revisión durante el proceso de edición hasta su publicación.
- Taymer Miranda-Tortoló. Contribuyó a completar la idea de la investigación, revisó la metodología experimental para su ejecución y colaboró con la revisión del manuscrito durante el proceso de edición hasta su publicación.
- Luis Lamela-López. Participó en los recorridos por la finca y en los muestreos de la biodiversidad.
- Iván L. Montejo-Sierra. Apoyó la investigación en la colecta de la información y participó en los muestreos de la biodiversidad en el campo.

- Katherine Oropesa-Casanova. Apoyó el procesamiento de los datos y participó en la colecta de las muestras de la biodiversidad nociva.
- Osmel Alonso-Amaro. Contribuyó a la búsqueda de información bibliográfica, identificó las plagas insectiles y colaboró con la revisión del manuscrito durante el proceso de edición hasta su publicación.
- Ibelice Mendoza. Participó en la realización de mediciones y en la identificación de los organismos nocivos colectados durante la investigación.
- Ricardo León-Hidalgo. Contribuyó a la búsqueda de información bibliográfica y revisión del manuscrito durante el proceso de edición hasta su publicación.

Referencias bibliográficas

- Alayo, P. *Introducción al estudio de los himenópteros de Cuba. Superfamilias Tenthredinoidea, Siricoidea, Ichneumonoidea*. Villa Clara, Cuba: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, 1970.
- Altieri, M. A. & Nicholls, Clara I. *Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas*. Medellín, Colombia: SOCLA, 2010.
- Alvarado-Aguayo, A.; Pilaloa-David, W.; Torres-Sánchez, Sinthya & Torres-Sánchez, K. Efecto de *Trichoderma harzianum* en el control de mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*) en pepino. *Agron. Costarricense*. 43 (1):101-111, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v43i1.35672>.
- Barnett, H. L. & Hunter, B. B. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4th ed. Minnesota, USA: The American Phytopathological Society, 1998.
- Barro, A. & Núñez, R., Eds. *Lepidópteros de Cuba*. Finlandia: Spartacus Foundation, Sociedad Cubana de Zoología, 2011.
- Braun, Andrea; Van Dijk, Suzanne & Grulke, M. *Incremento de los sistemas silvopastoriles en América del Sur*. Paraguay: Banco Interamericano de Desarrollo, 2016.
- Casimiro-Rodríguez, Leidy & Casimiro-González, J. A. How to make prosperous and sustainable family farming in Cuba a reality. *Elem. Sci. Anth.* 6:77, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.324>.
- CNSV. *Análisis del cumplimiento del programa de producción e medios biológicos*. La Habana: Centro Nacional de Sanidad Vegetal, 2016.
- Cristóbal-Alejo, J.; Caamal-Eb, Lorenza; Tun-Suárez, J. M.; Pérez-Gutiérrez, A.; Latournerie-Moreno, L. & Gutiérrez-Alonso, O. Epidemiología del mildiú de las cucurbitáceas (*Pseudoperonospora cubensis* Berk & Curt) en materiales de melón (*Cucumis melo* L.). *Fitosanidad*. 10 (3):197-201, 2006.
- Estrada-Salazar, Gloria I. & Ramírez-Galeano, Marta C. *Micología general*. Caldas, Colombia: Centro Editorial Universidad Católica de Manizales, 2019.
- Fernández, Valentina I. & Marasas, Mariana E. Análisis comparativo del componente vegetal de la biodiversidad en sistemas de producción hortícola familiar del Cordon Hortícola de La Plata (CHLP), provincia de Buenos Aires, Argentina. Su importancia para la transición agroecológica. *Rev. Fac. Agron. La Plata*. 114 (ne 1):15-29. https://redib.org/Record/oai_articulo778504-an%C3%A1lisis-comparativo-del-componente-vegetal-de-la-biodiversidad-en-sistemas-de-producci%C3%B3n-hort%C3%ADcola-familiar-del-cord%C3%B3n-hort%C3%ADcola-de-la-plata-chlp-provincia-de-buenos-aires-argentina-su-importancia-para-la-transici%C3%B3n-agroecol%C3%B3gica, 2015.
- Fuentes-Castillo, A.; Hernández-Rodríguez, Y.; Quintana-Torrente, Dalia; Rodríguez-Fernández, R. & Méndez-Mellor, L. Estrategia de lucha contra la mosca *Haematobia irritans* y la garrapata *Rhipicephalus microplus* con el uso de Effipro Bovis en un rebaño bovino. *Rev. Salud Anim.* 40 (3):e06. <http://scielo.sld.cu/pdf/rsa/v40n3/2224-4700-rsa-40-03-e06.pdf>, 2018.
- Galindo-Maturell, A.; Cobas-Magdariaga, M.; Martínez-González, R.; Escobar-Perea, Y. & Vargas-Batista, B. Calidad visual del suelo y complejidad de diez fincas suburbanas de Santiago de Cuba. *Ciencia en su PC*. 1 (4):16-31. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/1813/181358738012/movil/index.html>, 2019.
- García-Sánchez, Flavia; Sánchez-Santana, Tania; López-Vigo, O. & Benítez-Álvarez, M. Á. Prevalencia de mastitis subclínica y microorganismos asociados a esta. *Pastos y Forrajes*. 41 (1):35-40. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000100005&lng=es&tlng=es, 2018.
- González, Yaniuska; Leyva, A.; Pino, Oriela; Mercadet, Alicia; Antonioli, Zaida I.; Arévalo, R. A. *et al.* El funcionamiento de un agroecosistema pre-montañoso y su orientación prospectiva hacia la sostenibilidad: rol de la agrobiodiversidad. *Cultivos Tropicales*. 39 (1):21-34. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n1/ctr03118.pdf>, 2018.
- Henderson, P. A. & Seaby, R. H. *Species diversity and richness* 3.02. Lymington, UK: Pisces Conservation Ltd. <http://www.pisces-conservation.com>, 2002.
- Hernández-Mansilla, A. A.; Sorí-Gómez, R.; Valentín-Pérez, Yadira; López-Mayea, Aliana; Córdova-García, O. & Benedico-Rodríguez, O. Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) y seguridad alimentaria. Escenarios bioclimáticos en bananos bajo efecto del cambio climático en Ciego de Ávila, Cuba. *J. Selva Andina Biosph.* 4 (2):59-70. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v4n2/v4n2_a03.pdf, 2016.
- Hernández-Trejo, A.; Osorio-Hernández, E.; López-Santillán, J. A.; Ríos-Velasco, C.; Varela-Fuentes, S. E. & Rodríguez-Herrera, R. Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo maíz (*Zea mays* L.). *Agroproductividad*. 11 (1):9-14. <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/14>, 2018.

- Iermanó, María J. & Sarandón, S. J. Rol de la agrobiodiversidad en sistemas mixtos familiares de agricultura y ganadería pastoril en la región pampeana argentina: su importancia para la sustentabilidad de los agroecosistemas. *Rev. Bras. de Agroecología*. 11 (2):94-103. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/39527>, 2016.
- Jaizme-Vega, Mará del C. Los microorganismos, bioindicadores de la fertilidad del suelo. En: F. Funes-Aguilar, ed. *Sembrando en Tierra Viva. Manual de Agroecología*. La Habana: Unión Europea, Agencia Española de Cooperación al Desarrollo. p. 51-65, 2015.
- Loyola-Hernández, O.; Triana-González, Delmy; Tejas-Sánchez, O.; Malpica-Mentor, Lilian & Lezcano-Ortiz, Célida M. Efecto de *Samanea saman* (Jacq.) Merr. sobre la agroproduktividad del pasto en un sistema silvopastoril. *Rev. prod. anim.* 31 (2):9-17. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v31n2/2224-7920-rpa-31-02-9.pdf>, 2019.
- Martínez-Rodríguez, F. & Gómez-Jorin, L. La fertilización de los cultivos bajo una perspectiva agroecológica. En: F. Funes-Aguilar, ed. *Sembrando en Tierra Viva. Manual de Agroecología*. La Habana: Unión Europea, Agencia Española de Cooperación al Desarrollo. p. 67-86, 2015.
- Matienzo-Brito, Y.; Alfonso-Simonetti, Janet; Vázquez-Moreno, L. L.; De-la-Masa-Arias, R.; Matamoros-Torres, M.; Díaz-Finalé, Yunaisy et al. Diversidad de grupos funcionales de la fauna edáfica y su relación con el diseño y manejo de tres sistemas de cultivos. *Fitosanidad*. 19 (1):45-55. <http://www.fitosanidad.cu/index.php/fitosanidad/article/view/447?articlesBySameAuthorPage=3>, 2015a.
- Matienzo-Brito, Y.; Vázquez, L. L.; Alfonso-Simonetti, Janet & Veitia-Rubio, Marlene M. Manejo del hábitat para la conservación de reguladores naturales de plagas agrícolas: experiencia cubana en agricultura urbana. *Revista InterNos*. <https://www.revistainternos.com.ar/2015/01/manejo-del-habitat-para-la-conservacion-de-reguladores-naturales-de-plagas-agricolas-experiencia-cubana-en-agricultura-urbana/>, 2015b.
- Milián-García, Idolkys; Sánchez-Cárdenas, Saray; Wencomo-Cárdenas, Hilda B.; Ramírez-Suárez, Wendy M. & Navarro-Boulándier, Marlen. Estudio de los componentes de la biodiversidad en la finca agroecológica La Paulina del municipio de Perico, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 41 (1):50-55. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000100007&lng=es&tlng=es, 2018.
- Moreno, Claudia E. *Métodos para medir la biodiversidad*. Vol. 1. Manuales y Tesis SEA.: Zaragoza, España, 2001.
- Mound, L. A. & Kibby, G. *Thysanoptera an identification guide*. 2nd ed. London: CAB International, 1998.
- Navarro, Marlen; Febles, G. & Torres, Verena. Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial. *Pastos y Forrajes*. 35 (3):233-246. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v35n3/pyf01312.pdf>, 2012.
- Nicholls, Clara I.; Altieri, M. A. & Vázquez, L. L. Agroecología. Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*. 10 (1):61-72. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300741>, 2017.
- Peck, S. B. *A checklist of the beetles of Cuba with data on distributions and bionomics (Insecta: Coleoptera)*. Ottawa: Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Carleton University, 2005.
- Pérez-Hidalgo, N.; Mier-Durante, M. Pilar & Uman, A. Orden HEMIPTERA: Subórdenes Cicadomorpha, Fulgoromorpha y Sternorrhyncha. *IDE@-SEA*. 54 (1). http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_54.pdf, 2015.
- Rodríguez-Saldañas, M.; Milanes-Virelles, P.; Pérez-Torres, E.; Ferrer-González, C. & Sierra Reyes, Y. Agrobiodiversidad y manejo agroecológico de plagas en fincas de la Agricultura Suburbana en el municipio Camagüey. *Agrisost*. 20 (2):27-35. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/article/view/336>, 2014.
- Roig, J. T. *Diccionario Botánico de nombres vulgares cubanos*. 4 ed. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1975.
- Ruiz-Gil, A. K.; Peña-Rodríguez, J. & Remón Díaz, Dianys. Mastitis bovina en Cuba. *Rev. prod. anim.* 28 (2-3):39-50. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v28n2-3/rpa06216.pdf>, 2016.
- Russo, R. O. Reflexiones sobre los sistemas silvopastoriles. *Pastos y Forrajes*. 38 (2):157-161. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v38n2/pyf01215.pdf>, 2015.
- Salmón, Yamilka; Funes-Monzote, F. R. & Martín, Olga M. Evaluación de los componentes de la biodiversidad en la finca agroecológica "Las Palmitas" del municipio Las Tunas. *Pastos y Forrajes*. 35 (3):321-332. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v35n3/pyf08312.pdf>, 2012.
- Sánchez-Santana, Tania; Rizo-Álvarez, Maritza; Morales-Querol, D.; García-Sánchez, Flavia; Olivera-Castro, Yuseika; Benítez-Álvarez, M. et al. Situación agroproduktiva de fincas en dos municipios de la provincia Matanzas. *Pastos y Forrajes*. 42 (3):230-234. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000300230&lng=es&tlng=es, 2019.
- Sarandón, S. J. *Investigación en agrobiodiversidad: La experiencia del grupo de agroecología de la*

- Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de la Plata, Argentina. https://www.researchgate.net/publication/334231010_Los_desafios_de_la_Investigacion_en_agrobiodiversidad, 2018.
- Triplehorn, C. A. & Johnson, N. F. *Borrór's introduction to the study of insects*. 7th ed. USA: Brooks/Cole a division of Thomson Learning, Inc, 2005.
- Vargas-Batis, Belyani; Mendoza-Betancourt, E. O.; Rodríguez-Fonseca, R.; Jiménez-Llopiz, R.; Cobas-Magdariaga, M. & Vuelta-Lorenzo, D. R. Identificación y comportamiento de la fauna entomológica asociada a la vegetación existente en dos fincas suburbanas en Santiago de Cuba, Cuba. *Rev. Chil. Entomol.* 45 (1):139-156. <https://www.biotaxa.org/rce/article/view/48713>, 2019.
- Vázquez, L. L. Diseño y manejo agroecológico de sistemas de producción agropecuaria. En: F. Funes-Aguilar, ed. *Sembrando en Tierra Viva. Manual de Agroecología*. La Habana: Unión Europea, Agencia Española de Cooperación al Desarrollo. p. 133-160, 2015.
- Vázquez, L. L. Diversificar plantas para reducir poblaciones de plagas en la finca. En: *Supresión de poblaciones de plagas en la finca mediante prácticas agroecológicas*. La Habana: INISAV. p. 49-60, 2011.
- Vázquez, L. L.; Alfonso-Simonetti, Janet; Jiménez-Jiménez, S.; Fernández-González, E.; Casagrande, Jaqueline; Pérez-Betancourt, Yamilka *et al.* Organismos nocivos de importancia en diferentes tipos de sistemas de producción en la matriz agrícola urbana, periurbana y suburbana de la provincia de La Habana. *Fitosanidad* 19 (1):29-43. <http://www.fitosanidad.cu/index.php/fitosanidad/article/view/446>, 2015.
- Vázquez, L. L. & Matienzo, Y. *Metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas como base para el manejo agroecológico de plagas*. Ciudad de La Habana: INISAV, 2010.
- 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>. 2017.
- Vergara-Ruiz, R. *La importancia de la biodiversidad en el funcionamiento de los agroecosistemas: caso floricultura*. <https://www.metroflorcolombia.com/la-importancia-de-la-biodiversidad-en-el-funcionamiento-de-los-agroecosistemas-caso-floricultura/>. 2017.