

Diagnóstico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agroecológica

Luis L. Vázquez,¹ Yaril Matienzo¹ y Diego Griffon²

¹ Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Calle 110 no. 514 e/ 5.^a B y 5.^a F, C. P. 11600, Playa. La Habana, Cuba, lvazquez@inisav.cu; ymatienzo@inisav.cu

² Universidad Bolivariana de Venezuela. Calle Leonardo Da Vinci, Los Chaguaramos. C. P. 1040, Caracas, Venezuela, d.griffon@lycos.com

RESUMEN

Se evaluó la biodiversidad en fincas en reconversión en dos unidades de producción agropecuaria en la agricultura suburbana de la provincia de La Habana: la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) 26 de Julio, en Guanabacoa, y la Granja de Monumental, en el Cotorro. La biodiversidad se clasificó en cuatro componentes funcionales: productiva, auxiliar, asociada e introducida. Cada componente se evaluó mediante indicadores (elementos, diseños y los manejos que se realizan), para posteriormente identificar las interacciones observadas, proceso que fue facilitado para lograr que el propio agricultor realizara el diagnóstico en su finca, para finalmente clasificarlas de acuerdo con la complejidad de la biodiversidad. El coeficiente de manejo de la biodiversidad en las fincas evaluadas fue mayor para las fincas 1229 (54,5 %) y Semilla (50,2 %), que fueron las únicas por encima del 50 %; en cambio, la densidad de interacciones de la biodiversidad fue más elevada en la finca 1241 (98 %), seguida de la 1224 (94 %) y la 1231 (87 %); las restantes con valores alrededor del 30-55 %, lo que demuestra la tendencia hacia la integración y diversificación de la biota productiva y auxiliar. Ninguna finca alcanzó a ser compleja. El 30 % fue clasificada como medianamente compleja, y el 70 % como poco compleja. La metodología empleada demostró ser útil para que los agricultores realicen el diagnóstico y planifiquen los diseños y manejos de la biodiversidad en las fincas.

Palabras claves: Sistemas de producción, agricultura suburbana, biodiversidad, agroecología, diagnóstico participativo de fincas.

ABSTRACT

The biodiversity was evaluated in reversion properties in two units of agricultural production in the suburban agriculture of the Havana country: the Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) 26 de Julio, in Guanabacoa and the "Granja Monumental", in Cotorro. The biodiversity was classified in four functional components: productive, auxiliary, associate, introduced. Each component was evaluated by means of indicators (elements, designs and the management that are carried out), it stops later on to identify the observed interactions, the process that was facilitated to achieve the own farmer to carry out the diagnosis in his property, for finally to classify them according to the complexity of the biodiversity. The coefficient of management of the biodiversity in the evaluated properties was bigger for the properties 1229 (54,5 %) and Semilla (50,2 %) that were the only ones above 50 %; on the other hand, the density of interactions of the biodiversity was higher in the property 1241 (98 %), followed by the 1224 (94 %) and the 1231 (87 %), the remaining ones with values around 30-55 %, what demonstrates the tendency toward the integration and diversification of the productive and auxiliary biota. No property succeeded in being complex, 30% was classified of fairly complex and 70 % as low complex. The used methodology demonstrated to be useful so that the farmers carry out the diagnosis and planning the designs and management of the biodiversity in the properties.

Words key: Production systems, suburban agriculture, biodiversity, agroecology, participatory diagnosis of properties.

INTRODUCCIÓN

En la transición de la agricultura de sistemas convencionales a sostenibles sobre bases agroecológicas, la biodiversidad constituye un recurso natural esencial que se puede diseñar, planificar y manejar por el propio agricultor para favorecer su conservación y los procesos ecosistémicos que contribuyan a la eficiencia del sistema de producción.

En los últimos años se ha prestado mucha atención a las funciones de la biodiversidad en los sistemas agrícolas [Al-

tieri, 1995; Gliessman, 1999; Leyva y Pohlen, 2005], como atributo básico de la producción agropecuaria sostenible [Altieri y Nicholls, 2007]. Por otra parte, la modificación del hábitat y las prácticas de manejo que cambian la biodiversidad funcional y la composición funcional están estrechamente relacionadas con grandes impactos en los procesos ecosistémicos [Tilman *et al.*, 1997].

Debido a que los agroecosistemas son dinámicos y están sujetos a diferentes tipos de manejo, los arreglos

de cultivos en el tiempo y el espacio están cambiando continuamente de acuerdo con los factores biológicos, socioeconómicos y ambientales, variaciones en el paisaje que determinan el grado de heterogeneidad característica de cada región agrícola, lo que a la vez condiciona el tipo de biodiversidad presente, la que puede o no beneficiar los cultivos [Altieri y Nicholls, 2007]. Es decir, en todo agroecosistema se presenta un conjunto de interacciones entre los elementos de la biodiversidad que lo componen. Estas relaciones determinan en gran medida la salud del sistema [Altieri y Nicholls, 2000]. Entre las interacciones mejor estudiadas se encuentran las de competencia, los mutualismos y las de explotación (i.e., depredación, parasitismo, etc.); sin embargo, el conjunto total de interacciones es mayor y configura su arquitectura, la que está conformada básicamente por dos componentes: los elementos presentes en el sistema (bióticos y abióticos) y las interacciones entre estos elementos [Griffon, 2008].

Una clasificación de la biodiversidad en sistemas de producción realizada por Brookfield y Padoch (1994) considera la propuesta de «agrodiversidad» como las diferentes vías en que los agricultores utilizan la diversidad natural en el sistema de producción, que incluye no solamente los cultivos semidomesticados, sino el agua, la biota y el suelo. Al respecto, también Almekinders *et al.* (1995) sostuvieron que es el resultado de las interacciones entre los recursos fitogenéticos, los factores ambientales bióticos y abióticos y las prácticas de manejo en los sistemas agrícolas.

Recientemente se ha incrementado la demanda de evaluar la biodiversidad en los sistemas de producción, y por ello se han generado diversos sistemas, desde los más clásicos índices de biodiversidad (Shannon, Simpson, Margalef) hasta los que modifican estos para ajustarlos a la agroecología [Funes-Monzote, 2009; Griffon, 2008, 2009], algunos de ellos en el marco de la evaluación de la sostenibilidad [Dellepiane y Sarandón, 2008]. Por lo antes mencionado, el propósito del presente artículo es documentar los resultados de un proceso de evaluación participativa de la biodiversidad en una zona de reconversión agrícola alrededor de La Habana, donde se realiza la estructuración y transición de sistemas de producción convencionales a sustentables, conocido como Programa de Agricultura Suburbana, que se propone la racionalidad, el ahorro, el autoabastecimiento, la sustentabilidad y la sustitución de importaciones, y se ha concebido como una agricultura agroecológica estructurada en un mosaico de fincas en los alrededores de las ciudades [Rodríguez, 2011].

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en fincas pertenecientes a dos unidades de producción agropecuaria en la agricultura suburbana de la provincia de La Habana: la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) 26 de Julio, en Guanabacoa, y la Granja Monumental, en el Cotorro; de cada unidad de producción se evaluaron diez fincas, que representan el 6,8 y 4,3 % respectivamente del total existentes.

Se organizó por encuentros cada siete días con los dueños y administradores de las fincas, así como técnicos locales, los que conformaron dos grupos de 10-15 personas cada uno. Estos tenían una duración aproximada de 3-4 h, se efectuaron en un sitio fijo previamente acordado en una de las fincas y se facilitaron mediante metodología participativa en cuatro momentos: 1) sensibilización sobre el tema; 2) explicación y entrega del procedimiento; 3) realización del diagnóstico (ejercicio en equipos y evaluación de fincas) y 4) devolución y discusión de los resultados (en equipos y en plenaria). Los contenidos de cada encuentro se planificaron y explicaron en el primero, pero fueron ajustados y precisados en cada uno de ellos. El proceso tardó 48-50 días, con una mayor duración (cinco encuentros) para los momentos 2, 3 y 4, los mismos que se simultaneaban: se explicaba y entregaba el procedimiento y se devolvían resultados del anterior; con excepción del diagnóstico de nemátodos en el suelo, que se inició en el segundo encuentro y terminó en el último debido a que se requería sembrar plantas indicadoras.

En el presente estudio adoptamos una clasificación de los componentes de la biodiversidad de acuerdo con sus funciones generales en el sistema de producción [Vázquez y Matienzo, 2006] a saber: biodiversidad productiva (cultivos, ganadería, forestales, ornamentales, flores y otros rubros productivos que el agricultor planifica y utiliza para la comercialización y el autoabastecimiento), biodiversidad asociada (polinizadores, organismos nocivos herbívoros, parásitos y patógenos, reguladores naturales, biota rizosférica, microbiota epifítica y otros elementos que se relacionan directamente con la biota productiva y la auxiliar, sea con funciones negativas o positivas), biodiversidad auxiliar (vegetación no cultivada como la cerca viva, arboledas, corredores ecológicos, barreras vivas y otras que realizan funciones auxiliares a la productiva y asociada; también los animales para labores y los

abonos orgánicos, biopreparados de plantas y reservorios de entomófagos y otros productos biológicos que se elaboran a partir de la biota local y contribuyen con funciones auxiliares con la biota productiva), y biodiversidad introducida (abonos orgánicos, micorrizas, controles biológicos y otros elementos en forma de bioproductos que se introducen en el sistema para contribuir a la productividad).

Para definir los indicadores a estudiar en cada uno de los componentes funcionales de la biodiversidad se consideraron diseños y manejos agroecológicos

expuestos con anterioridad [Vázquez, 2011, 2013; Vázquez y Matienzo, 2006; Vázquez *et al.*, 2008], con algunos ajustes que se realizaron durante el proceso de diagnóstico (*Tablas 1-4*). Para asignar el valor óptimo a cada indicador se consultaron investigaciones específicas realizadas en el país [Hernández *et al.*, 2007; Lores *et al.*, 2008], los lineamientos del programa de agricultura urbana y suburbana [GNAUSU, 2009] y criterios de expertos que fueron consultados operativamente. Todos los indicadores están considerados en el contexto de una primera etapa en la transición.

Tabla 1. Indicadores de elementos, diseño y manejo de la biodiversidad productiva (Bpro) en las fincas

No.	Elementos, diseños y manejos	Descripción de indicadores	Valor óptimo
1	Cultivos temporales y anuales	Especies de cultivos que se siembran	12
2		Cultivos en que se manejan variedades con fines fitosanitarios	6
3		Especies de hortalizas que lo integran	5
4		Especies de raíces y tubérculos que lo integran	3
5		Especies de granos que lo integran	2
6		Especies de frutos menores que lo integran	2
7		Especies de cultivos que rotan	10
8	Diseños policultivos	Especies de cultivos que se emplean para intercalar	2
9		Especies de cultivos que se emplean para asociar	2
10	Cultivos arbóreos o arbustivos permanentes	Especies que se siembran en la finca bajo este sistema	3
11		Cultivos en que se manejan variedades con fines fitosanitarios	1
12	Diseños agroforestales	Especies-variedades de cultivos que lo integran	2
13		Especies forestales que lo integran	1
14	Pastizales (pastos-ganado)	Especies de pastos que se siembran en los diferentes cuartones	2
15		Especies de forrajes que se cultivan en la finca	2
16	Diseños silvopastoriles	Especies-variedades de pastos que lo integran	1
17		Especies de forrajes que lo integran	2
18		Especies forestales que lo integran	1
19		Especies de árboles para ramoneo	2

20	Crianza confinada y semiestabulada	Especies-razas de animales que se crían	3
21		Especies de alimentos para animales que se cultivan en la finca	2
22		Subproductos que se aprovechan para alimento animal	2
23		Subproductos de la crianza que se aprovechan para la producción de abonos orgánicos o incorporación al suelo	2
24	Material de siembra	Cultivos que se siembran o plantan con material de siembra adquirido	4
25		Cultivos que se siembran con material producido en la finca	6

Tabla 2. Indicadores de elementos, diseño y manejo de la biodiversidad auxiliar (Baux) en las fincas

No.	Elementos y manejos	Descripción de indicadores	Valor óptimo
1	Cortina rompevientos	Especies de plantas en la cortina	3
2		Lados de la finca con cortina	1
3	Cerca viva perimetral	Especies de plantas arbóreas	3
4		Especies de plantas arbustivas	2
5		Especies de plantas herbáceas	5
6		Especies de frutales	2
7		Lados de la finca con cerca viva	3
8	Arboleda	Número	4
9		Especies de árboles	10
10	Ambientes seminaturales	Número	3
11	Barreras vivas en la periferia de campos	Campos con barreras	5
12		Especies de plantas que se utilizan	3
13	Barreras vivas de plantas repelentes	Campos con barreras	3
14		Especies de plantas utilizadas	2
15	Corredores ecológicos internos	Número	1
16		Especies de plantas que lo integran	2
17	Arvenses	Cultivos con tolerancia de arvenses	2
18		Campos que rotan con cultivos de cobertura y alelopáticos	3
19		Campos con asociaciones de coberturas	1
20	Plantas socioculturales	Sitios de la finca	1
21		Especies de plantas	10
22	Animales de labores	Especies que se utilizan	2

* A los efectos del presente estudio, las arvenses las evaluamos como biodiversidad auxiliar y nociva.

Tabla 3. Indicadores de elementos y manejo de la biodiversidad asociada (Basoc) que habitan naturalmente en las fincas

No.	Elementos y manejos	Descripción de indicadores	Valor óptimo
1	Polinizadores	Especies de polinizadores observadas en la finca	2
2	Enemigos naturales de organismos nocivos	Grupos de enemigos naturales observados en la finca (predadores, parasitoides, entomopatógenos, etc.)	8
3		Reservorios de enemigos naturales que se manejan en la finca	3
4		Número de cultivos beneficiados con traslados (inoculación) de enemigos naturales desde reservorios	2

5	Microflora epifítica	Número de cultivos que reciben aplicaciones foliares de suspensiones de abonos orgánicos y microorganismos eficientes producidos en la finca	3
6	Biota del suelo	Grupos de invertebrados observados en la finca (en la superficie y en los primeros centímetros del suelo)	4
7		Número de cultivos que se micorrizan con producciones propias	2
8		Número de cultivos que se benefician con abonos orgánicos producidos en la propia finca	5
9		Número de cultivos que se benefician con mulcheo y arropo de restos de plantas	3
10		Número de cultivos en que se incorporan restos de cosecha	3
11	Organismos nocivos	Total de especies de insectos nocivos en todos los cultivos	6
12		Total de especies de ácaros nocivos en todos los cultivos	2
13		Total de enfermedades fungosas en cultivos	4
14		Total de enfermedades bacterianas en cultivos	3
15		Total de enfermedades virales en cultivos	2
16		Total de parásitos de animales de crianza detectados	1
17		Total de enfermedades de animales de crianza detectadas	2
18		Total de enfermedades y parásitos en apiarios	1
19		Total de arvenses competidoras	4

Tabla 4. Indicadores de elementos y manejo de la biodiversidad introducida (Bintr) en las fincas

No.	Elementos	Descripción de indicadores	Valor óptimo
1	Polinizadores	Especies introducidas o manejadas (apiarios)	1
2	Entomófagos	Especies liberadas	1
3		Cultivos beneficiados	3
4	Entomopatógenos	Especies-cepas aplicadas	3
5		Cultivos beneficiados	6
6	Antagonistas	Especies-cepas aplicadas	1
7		Cultivos beneficiados	4
8	Nematodopatógenos	Especies-cepas aplicadas	1
9		Cultivos beneficiados	2
10	Micorrizas	Especies de micorrizas aplicadas	1
11		Cultivos micorrizados	2
12	Abonos orgánicos	Cultivos que se benefician	3
13		Tipos de abonos orgánicos utilizados	2

Al concluir la evaluación de los indicadores en cada finca se determinó el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) para cada uno de los componentes, a saber: productiva (CMBprod), auxiliar (CMBaux), asociada (CMBasoc), introducida (CMBintr). Para el cálculo se utilizó la expresión siguiente: $CMB = (\sum \text{indicadores de elementos, diseños y manejo} / \sum \text{valores óptimos de los indicadores}) \cdot 100$. De la misma forma se procedió para determinar el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad de las Fincas (CMBF).

Para evaluar las interacciones es necesario reconocer que los diferentes elementos de la biodiversidad interactúan, y que estas interacciones son determinantes en importantes procesos ecológicos en los agroecosistemas. En el presente trabajo se considera una interacción cualquier relación evidente entre dos elementos de la biodiversidad (ejemplos: entre los insectos polinizadores y las plantas que polinizan, entre los hongos antagonistas del género *Trichoderma* y los hongos fitopatógenos, las que se establecen en

la asociación entre una planta de maíz y una planta leguminosa). Por lo tanto, el primer paso para evaluar las interacciones en un agroecosistema consiste en enumerar todas las relaciones que se pueden establecer entre los elementos de la biodiversidad. A este valor lo llamaremos Interacciones Observadas (I_o).

Para poder realizar comparaciones entre el número de interacciones obtenido en el diagnóstico de un predio, con el número estimado en otro predio o con valores óptimos o línea base, es indispensable acotar los valores obtenidos en los diagnósticos en función de un máximo común. Esto se puede lograr fácilmente si se expresa el valor de las Interacciones Observadas en una evaluación particular en base al número de Interacciones Máximo ($I_{\text{máx.}}$) posible para ese predio. El resultado de esta operación será la medida que utilizaremos para evaluar las interacciones y la denominaremos Densidad de Interacciones de la Biodiversidad en la Finca (DIBF), medida que tiene la siguiente expresión matemática: $DIBF = I_o / I_{\text{máx.}} (100)$.

El valor máximo teórico de interacciones se da cuando todos los elementos de la agrobiodiversidad interactúan entre sí; sin embargo, es poco realista esperar que en un agroecosistema todas las especies se encuentren relacionadas directamente; por el contrario, típicamente solo se observa una fracción de estas interacciones. En el caso de las redes tróficas de ecosistemas naturales evaluadas por Solé y Montoya (2001), Montoya y Solé (2003) y por Dunne *et al.* (2002, 2004), este valor nunca es mayor al 60 % de las interacciones posibles. Por esta razón, en el cálculo de la Densidad de Interacciones de la Biodiversidad en la Finca utilizaremos como denominador una cantidad que es solo una fracción del máximo teórico matemáticamente posible. En específico, hemos fijado este valor igual al 45 % del máximo matemáticamente posible, porcentaje que se estableció en función de evidencia empírica. Este valor es equivalente al promedio ($\bar{X}_D$) de las densidades de interacciones de las redes tróficas evaluadas en los trabajos antes citados, más dos veces la desviación estándar (S_D) de las densidades de estas redes (es decir, $\bar{X}_D + 2 S_D \approx 0,45$). Este es un valor conservador, adecuado para el estudio de agroecosistemas. Finalmente, para establecer el número de Interacciones Máximo posible se utiliza la expresión: $I_{\text{máx.}} = N(N-1)/2 (0,45)$, donde N representa el número de diferentes especies en el agroecosistema, es decir, su riqueza.

Es realmente importante apreciar que para establecer el valor de la Densidad de Interacciones de la Biodi-

versidad en la Finca (DIBF) solo hace falta realizar la siguiente operación: $DIBF = [2 (I_o)/N(N-1) 0,45] 100$. Es decir, que para obtener su valor basta con conocer el número de Interacciones Observadas (I_o) y la riqueza del agroecosistema (N). Por último, es necesario señalar que debido al ajuste que se ha efectuado al número de Interacciones Máximo Posible, puede ocurrir que el valor de la DIBF sea mayor a 100. En el caso de que esto ocurra simplemente se debe igualar su valor a 100.

Para evaluar las interacciones se desarrolló un proceso escalonado de adiestramiento a los agricultores (desde las interacciones más simples y conocidas hasta las que fueron aprendiendo durante el diagnóstico), mediante ejercicios hipotéticos realizados en los diferentes encuentros, para culminar con el ejercicio final en que lograron familiarizarse con la identificación de las principales interacciones que observaban entre los elementos de la biodiversidad productiva, auxiliar, asociada e introducida que formaban parte de los diseños y manejos en sus fincas.

Para facilitar la identificación de las interacciones cada agricultor realizó un croquis de su finca, donde reflejó todos los campos y corrales de rubros productivos, y posteriormente los sitios de vegetación auxiliar. Una vez realizado el croquis con sus datos respectivos, se identificaron los elementos de la biodiversidad (N) y las interacciones observadas (I_o) mediante un proceso ordenado que se realizaba en el campo, en los niveles siguientes: 1) entre rubros productivos; 2) en la vegetación auxiliar; 3) entre rubros productivos-vegetación auxiliar; 4) entre rubros productivos-biota asociada; 5) entre vegetación auxiliar-biota asociada; 6) entre rubros productivos-biota introducida. En cada nivel de interacciones evaluado los agricultores anotaban los elementos y representaban en un gráfico las interacciones que a su juicio existían.

Con los resultados de la evaluación de cada uno de los Coeficientes de Manejo de la Biodiversidad de la Finca (CMBF) y la Densidad de Interacciones de la Biodiversidad en la Finca (DIBF) se procedió a caracterizar el grado de complejidad del sistema de producción, para lo cual se utilizó una escala progresiva que se basa en valores relativos (Tabla 5), asumiendo el grado que más se ajusta a los dos valores que se analizan.

Tabla 5. Transformación del porcentaje de CMBF y DIBF a su equivalente en grado de complejidad (modificada de Vázquez y Matienzo, 2006)

<i>Coefficiente de manejo y densidad de interacciones (%)</i>	<i>Grado de complejidad</i>	<i>Denominación del grado de complejidad del sistema</i>
0-20	0	Simplificado (s)
21-40	1	Poco complejo (pc)
41-60	2	Medianamente complejo (mc)
61-80	3	Complejo (c)
81-100	4	Altamente complejo (ac)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Granja Metropolitana los mayores coeficientes de manejo de la biodiversidad se alcanzaron en la Finca 1229, que fueron del 69,5, 44,9 y 32,7 % de la biodiversidad productiva, auxiliar y asociada respectivamente, y nulos en la introducida; le sigue

la finca 1214 con valores del 56,1 % de biodiversidad productiva, el 65,2 % auxiliar, el 12,2 % asociada y 6,7 introducida; en el resto de las fincas los índices de la biodiversidad productiva, auxiliar, asociada e introducida fueron relativamente menores (*Tabla 6*).

Tabla 6. Resultados de la evaluación de los componentes de la biodiversidad en fincas de la Granja Metropolitana, Cotorro, La Habana

<i>Fincas</i>			<i>Coefficientes de manejo de la biodiversidad (CMB)</i>			
<i>No.</i>	<i>Código</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Productiva</i>	<i>Auxiliar</i>	<i>Asociada</i>	<i>Introducida</i>
1	1205	3	47,6	27,5	18,4	6,7
2	1208	2,2	59,8	39,1	24,5	6,7
3	1210	3,57	39,0	34,8	20,4	6,7
4	1213	1,96	45,1	31,9	16,3	6,7
5	1214	2,47	56,1	65,2	12,2	6,7
6	1216	2,50	50	27,5	22,4	6,7
7	1224	6,45	18,3	31,9	16,3	0
8	1229	8,11	69,5	44,9	32,7	0
9	1231	4,5	24,4	31,9	18,3	0
10	1241	3,10	30,5	23,2	10,2	0

En la UBPC 26 de Julio, la finca Semilla mostró el mayor número de indicadores con valores relativamente

altos. En el resto de las fincas estos fueron variados (*Tabla 7*).

Tabla 7. Resultados de la evaluación de los componentes de la biodiversidad en fincas de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) 26 de Julio, Guanabacoa, La Habana

<i>Fincas</i>			<i>Coefficientes de manejo de la biodiversidad (CMB)</i>			
<i>No.</i>	<i>Nombre</i>	<i>Superficie (Ha)</i>	<i>Productiva</i>	<i>Auxiliar</i>	<i>Asociada</i>	<i>Introducida</i>
1	Colmena 2	2,1	37,8	31,9	20,4	30
2	Colmena 3	1,9	23,2	29	14,3	16,7
3	La Yaba	1	28	34,8	12,2	6,7
4	Loma La Trampa	1,6	29,7	20,3	16,3	6,7
5	La Esperanza	1	20,7	29	16,3	6,7
6	El Gandul	1,3	36,6	33,3	14,3	13,3

7	Los Mangos	1,8	39	15,9	8,2	16,7
8	Semilla	1,6	45	39,1	18,4	26,6
9	Victoria	7	35,4	30,4	18,4	26,6
10	La Guayaba	2,1	15,9	23,2	14,3	10

Para las diferentes fincas estudiadas, los mayores índices de biodiversidad productiva, auxiliar y asociada se alcanzaron en la Granja Metropolitana, que fueron del 45, 37 y 22 %, respectivamente; aunque se consideran

relativamente bajos (menores del 50 %) denotan un manejo de la biodiversidad superior a las fincas de la UBPC 26 de Julio, aunque en esta última fue superior la biodiversidad introducida (*Figura 1*).

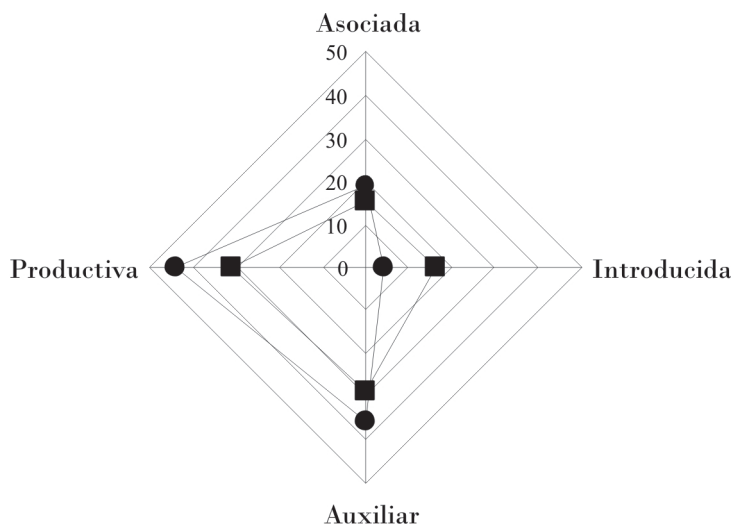


Figura 1. Comparación de los componentes de la biodiversidad en las dos unidades de producción evaluadas: Granja Metropolitana (círculo) y UBPC 26 de Julio (cuadro).

Se aprecia cierta tendencia hacia el incremento en la diversificación e integración de rubros productivos, de arreglos espaciales y temporales, así como de manejo de la vegetación auxiliar en todas las fincas evaluadas. La biota asociada e introducida muestra coeficientes muy bajos, lo que significa que las condiciones para favorecer la autorregulación del sistema aún son mínimas, lo cual está muy influenciado por la baja productividad del suelo, la sequía y los limitados recursos tecnológicos que poseen para la atención agrotécnica a los cultivos, entre otros factores que determinan una baja eficiencia de estas fincas. Precisamente, debido a las malas condiciones del suelo para la producción agrícola en la zona, se está realizando un programa de conservación y mejora, al que se integra la reforestación, uso adecuado del agua, diversificación de cultivos e integración animal, por lo que los resultados en el presente estudio constituyen una línea base para el seguimiento y la evaluación de los impactos de dicho programa.

Aunque el número de organismos nocivos detectados no fue elevado, el diseño y manejo de la biodiversidad productiva, auxiliar e introducida aún no repercute en la reducción de la incidencia de las especies que se manifiestan como plagas, las que están en valores entre el 30-45 %, con un mayor promedio de especies habituales nocivas de fitófagos y fitopatógenos en la UBPC 26 de Julio, sin grandes diferencias respecto a otros elementos nocivos.

El manejo de los elementos de la biodiversidad para favorecer las interacciones positivas es lo que se pretende en la transición del manejo de plagas [Vázquez, *et al.*, 2012], pues como señalaran Soutwood y Way (1970), lo que interesa es la diversidad funcional y no la diversidad *per se*.

Como es conocido, la biodiversidad se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan en un ecosistema [McNeely *et al.*, 1990]; pero cuando este

es transformado en un sistema agrícola, ocurre un remplazo de dicha diversidad natural por un pequeño número de plantas cultivadas y animales domesticados [Andow, 1983], simplificación que tiene como resultado neto un ecosistema artificial que requiere la constante intervención humana [Altieri, 1995], que además ocasiona externalidades debido a la tecnología intensiva asociadas como los equipos, maquinarias, implementos y agroquímicos utilizada para aumentar la producción de cultivos [Pimentel *et al.*, 1980].

En los sistemas agrícolas la biodiversidad realiza servicios que van más allá de la producción de alimentos, fibras, combustibles e ingresos, como por ejemplo el reciclaje de nutrientes, el control del microclima local,

la regulación de los procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables y la detoxificación de productos químicos nocivos [Altieri y Nicholls, 2007].

Cuando se analiza el coeficiente de manejo de la biodiversidad (CMBF) en todas las fincas estudiadas, se observan los mayores valores para las fincas 1229 (54,5 %) y Semilla (50,2 %), que fueron las únicas por encima del 50 %; en cambio, la densidad de interacciones de la biodiversidad (DIBF) fue más elevada en la finca 1241 (98 %), seguida de la 1224 (94 %) y la 1231 (87 %), las restantes con valores alrededor del 30-55 %, lo que demuestra la tendencia hacia la complejización de la biota productiva y auxiliar mediante la integración y diversificación (Tabla 8).

Tabla 8. Comparación del manejo (CMBF) y la densidad de interacciones (DIBF) en las fincas de la UBPC 26 de Julio y la Granja Metropolitana, La Habana

<i>Finca</i>	<i>CMBF (%)</i>	<i>DIBF (%)</i>	<i>Grado de complejidad del sistema</i>	<i>Finca</i>	<i>CMBF (%)</i>	<i>DIBF (%)</i>	<i>Grado de complejidad del sistema</i>
Granja Metropolitana				UBPC 26 de Julio			
1205	36,8	32	pc	Colmena 2	49,8	33	pc
1208	49,0	37	mc	Colmena 3	38,3	45	pc
1210	46,6	41	mc	La Yaba	39,9	52	pc
1213	38,3	39	pc	Loma La Trampa	37,5	44	pc
1214	49,0	30	pc	La Esperanza	36	53	pc
1216	38,3	36	pc	El Gandul	43,9	38	pc
1224	26,9	94	mc	Los Mangos	35,2	44	pc
1229	54,5	26	pc	Semilla	50,2	33	pc
1231	29,2	87	mc	Victoria	47	41	mc
1241	27,7	98	mc	La Guayaba	31,2	51	pc

La clasificación de las fincas estudiadas respecto a la complejidad de la biodiversidad corrobora los resultados anteriores, pues ninguna alcanzó a ser compleja, el 30 % fue clasificada de medianamente complejas y el 70 % como poco complejas, alcanzándose la mayor complejidad de la biodiversidad en las fincas de la Granja Metropolitana, pues en la UBPC 26 de Julio la mayoría fueron poco complejas, resultado que confirma lo expuesto por Altieri y Nicholls (2007) de que la diversidad es la única medida de la complejidad del ecosistema.

Estudios muy similares realizados recientemente por Vázquez (2013) al comparar dos fincas suburbanas de campesinos, una con manejo convencional y la otra con diseño y manejo agroecológico, determinaron una mayor complejidad para la segunda, y corroboraron la importancia de evaluar la biodiversidad integralmente

para entender la complejidad lograda en su manejo por los agricultores.

En dicho estudio la metodología utilizada fue diferente, ya que la evaluación de cada indicador se efectuó mediante una escala de cuatro grados y se ponderaron los de mayor importancia; sin embargo, se demostró la utilidad de considerar los componentes funcionales de la biodiversidad en la evaluación de fincas en reconversión, ya que se pudieron establecer las diferencias en su diseño y manejo.

Crear capacidades en los agricultores para evaluar, diseñar y manejar adecuadamente la biodiversidad en sus fincas constituye un aspecto estratégico en la reconversión de la agricultura, toda vez que estos son los que más conocen el sistema y pueden ser capaces de decidir las mejores prácticas a adoptar. Por ello resulta importante que entiendan las relaciones fun-

cionales entre los componentes de la biodiversidad, principalmente las que favorecen interacciones para la eficiencia del sistema de producción, pues como señalaran Díaz *et al.* (2011), es importante relacionar la biodiversidad funcional con los beneficios que aportan a las sociedades humanas, los que también Lavorel *et al.* (2011) llaman *servicios ecosistémicos*.

Durante la realización del diagnóstico la función productiva quedó bien reflejada y entendida en este componente, pues se trata de la biodiversidad que los agricultores planifican y manejan como rubros productivos; sin embargo, se apreció un cambio importante en su percepción sobre las ventajas de complejizar los sistemas de cultivo y crianza, mediante diseños en policultivos y agroforestales, así como diseñar sistemas silvopastoriles para la ganadería, ya que anteriormente lo realizaban como una práctica tradicional, pero desconocían sus múltiples ventajas.

La biota auxiliar constituyó toda una novedad para los agricultores, a la vez que lograron entender sus funciones en el sistema de producción y pudieron criticar que en la agricultura convencional se le resta importancia al simplificar los sistemas. La evaluación de la biodiversidad auxiliar contribuyó a que expresaran su interés en fomentar rápidamente la cerca viva perimetral diversificada y cuidar las arboledas, entre otras prácticas que antes no les interesaban.

Particularmente interesante resultó el rol de las arvenses, que en unos casos actúan como biota asociada al competir con el cultivo, y en otros casos su principal función es auxiliar para facilitar la conservación del suelo, los polinizadores y los reguladores naturales. Esta dicotomía contribuyó a que los agricultores entendieran mejor el rol de estas plantas en los agroecosistemas y argumentaran la importancia de la tolerancia de arvenses cuando estas no están en densidades competitivas o en los alrededores de los campos.

La biodiversidad asociada fue un componente muy difícil de evaluar y entender integralmente debido a que incluye a los organismos convencionalmente considerados como beneficiosos (polinizadores, reguladores naturales, biota epifítica, biota rizosférica, entre otros) y los clasificados como nocivos (plagas y enfermedades); pero paulatinamente los agricultores comprendieron que los nocivos forman parte de las relaciones coevolutivas con sus plantas hospedantes y sus reguladores naturales, solo que las tecnologías convencionales contribuyen a considerarlos como malos debido a que se elevan sus poblaciones y nocividad

consecuentes. Al respecto hubo un entendimiento que resulta necesario tolerar bajas poblaciones de estos organismos que actúan como fitófagos, fitoparásitos y fitopatógenos, y considerarlos como elementos de la biodiversidad asociados a las plantas, al igual que el resto.

Sin embargo, respecto a la biota que habita en el suelo y las prácticas que se realizan para aumentarla (aparecen en la *Tabla 3* como biota asociada), se determinó que deben ser consideradas como biota auxiliar, ya que sus funciones son precisamente de facilitación de la biota productiva y la asociada.

Respecto a la clasificación de los elementos de la biodiversidad que más se relacionan con la producción agropecuaria y el manejo del sistema de producción, existen diversos planteamientos interesantes; así, Swift y Anderson (1993) expresaron que la biodiversidad agrícola se podía agrupar en «biota productiva» para referirse a los cultivos, árboles y animales elegidos por los agricultores, y que desempeñan un papel determinante en la diversidad y complejidad del agroecosistema; «biota beneficiosas», como los organismos que contribuyen a la productividad a través de la polinización, control biológico, descomposición, etc., y «biota destructiva» a las malas hierbas, insectos plagas, microorganismos patógenos, etc., que los agricultores tratan de reducir a través del manejo del cultivo.

Por otra parte, Vandermeer y Perfecto (1995) propusieron que existen dos tipos de componentes: la «biodiversidad planificada o productiva», que incluye los cultivos y animales introducidos por el agricultor, la cual variará de acuerdo con el manejo y los arreglos de cultivos, y la «biodiversidad asociada», que incluye la flora y fauna del suelo, los herbívoros, los descomponedores y depredadores que colonizan al agroecosistema desde los ambientes circundantes, y que permanecerán en dicho agroecosistema dependiendo del tipo de manejo adoptado. Agregan estos autores que la biodiversidad planificada tiene una función directa con el funcionamiento del ecosistema, y que la biodiversidad asociada también tiene una función, pero a través de la biodiversidad planificada. De esta manera la biodiversidad planificada tiene una función indirecta que se realiza a través de su influencia sobre la biodiversidad asociada.

En una revisión más detallada, Brookfield y Stocking (1999) clasificaron la biodiversidad en los componentes siguientes: «diversidad biofísica» (elementos de la bio-

diversidad natural y los procesos ecológicos que suceden en el sistema, incluyendo el suelo, bajo los efectos del clima), «diversidad manejada» (manejo del suelo, el agua y la biota para la producción agropecuaria, incluyendo las intervenciones con insumos externos), «agrobiodiversidad» (manejo y uso de especies biológicas, incluyendo cultivos y animales con diferentes propósitos y valores para las personas), «diversidad organizacional» (aspectos socioeconómicos que son característicos del agricultor y la región), quienes entre otros aspectos argumentan que la «agrobiodiversidad» son las especies que se manejan y utilizan con propósitos productivos.

Ante la necesidad de clasificar la biodiversidad en los sistemas de producción surge un inconveniente, y es que cuando intentamos dividirla en componentes de acuerdo con nuestros intereses, estamos en última instancia haciendo algo irreal, ya que en sentido estricto estas diferencias no existen, las creamos para facilitar nuestro trabajo; es decir, los límites que imponemos entre diferentes grupos son arbitrarios y aparentemente reales solo desde nuestra perspectiva. Por ejemplo, la diferencia entre biodiversidad nociva y benéfica solo tiene sentido desde la perspectiva de un ser humano (en el ámbito de la agricultura), pues estos calificativos (malos y buenos) no tienen sentido en términos del funcionamiento de ecosistema como un todo, ya que tanto los organismos que calificamos como *nocivos* y aquellos que llamamos *benéficos* son en última instancia indispensables para el funcionamiento del sistema.

Por ello, cuando se consideran los componentes de la biodiversidad de acuerdo con sus funciones generales en el agroecosistemas, se asume que estos tienen un rol en dichas interacciones; esta es la razón por la cual se consideró a la biota asociada como los diferentes elementos de la biodiversidad que interactúan directamente con la biota productiva; de la misma forma, cuando se considera a la vegetación no cultivada como biota auxiliar, es por las diversas funciones indirectas que esta realiza para contribuir a una mayor eficiencia en el manejo de la biota productiva y asociada.

Por ello, como expresaron Altieri (1995) y Gliessman (1999), en el contexto de una «biodiversidad funcional» es posible iniciar sinergismos que contribuyan a favorecer procesos en los agroecosistemas, al ofrecer servicios ecológicos tales como la activación de la biología del suelo, el ciclo de nutrientes, el fomento de artrópodos y antagonistas benéficos, etc.

Se demostró que resulta posible evaluar por los propios agricultores, de manera sencilla y rápida, los elementos de la biodiversidad, su diseño y manejo, así como las principales interacciones que se logran, lo que constituye una herramienta útil para el diagnóstico inicial y de los avances en la reconversión de sistemas de producción convencionales a sostenibles. Desde luego, aunque estos estudios no tienen la precisión que pudiera lograrse mediante los realizados por especialistas apoyados con servicios analíticos de laboratorios, contribuyen a las decisiones a nivel local y al aprendizaje de la importancia de la biodiversidad para la producción agropecuaria sostenible.

Estos resultados aportan una nueva forma de evaluar la biodiversidad en los agroecosistemas, al considerar las especies, los diseños y manejos que se realizan, en contraste con los indicadores clásicos que solamente incluyen las especies y su población, lo que permite disponer de información más compleja que nos acerquen a la evaluación de las funciones, propiedades y servicios ecosistémicos desde dimensiones múltiples [Mouchet *et al.*, 2010].

Como se observa en los indicadores utilizados, estos pueden ser modificados, de acuerdo con el contexto, momento y los intereses del estudio a realizar, al igual que la forma en que se determinen los valores óptimos (resultados de investigaciones, estadísticas, consenso local y otros), de la misma forma que se puede comparar una finca en diferentes momentos para saber los avances en la transición, e incluso entre diferentes fincas, entre otras aplicaciones que otorgan una mayor flexibilidad en la utilización práctica de esta metodología.

REFERENCIAS

- Almekinders, C., L. Fresco, P. Struik: «The need to study and manage variation in agro-ecosystems», *Netherlands Journal of Agricultural Science* 43: 127-142.1995.
- Altieri, M. A.: *Agroecology: the science of sustainable agriculture*, Westview Press, Boulder, 1995.
- Altieri, M. A. y C. I. Nicholls: «Applying agroecological concepts to development of ecological based pest management systems», en Proc. Workshop Professional Societies and Ecological based pest management systems, pp. 14-19, National Research Council, Washington D.C., 2000.
- Altieri, M. A. y C. I. Nicholls: «Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad del suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café», en <http://www.agroeco.org/doc/SistAgroEvalSuelo2.htm>. 2001.
- Altieri, M. A. y C. I. Nicholls: «Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas». *Perspectivas agroecológicas* no. 2, Junta de Andalucía, Icaria Editorial, Barcelona, 2007.

- Andow, D.: «Effect of agricultural diversity on insect populations», en W. Lockeretz Ed., *Environmentally sound agriculture*, pp. 91-115, Praeger, New York, 1983.
- Brookfield, H. and C. Padoch: «Appreciating agrodiversity: a look at the dynamism and diversity of indigenous farming practices», *Environment* 36(5):8-11, 37-43, 1994.
- Brookfield, H. and M. Stocking: «Agrodiversity: definition, description and design», *Global Environmental Change* 9:77-80, 1999.
- Dellepiane, A. y S. Sarandón: «Evaluación de la sustentabilidad en fincas orgánicas, en la zona hortícola de La Plata, Argentina». *Revista Brasileira de Agroecología* 3 (3): 67-78, 2008.
- Díaz, S.; F. Quétier; D. M. Cáceres; S. F. Trainor; N. Pérez-Harguindeguy; M. S. Bret-Harted; B. Finegan; M. Peña-Claros and L. Poorter: «Linking functional diversity and social actor strategies in a framework for interdisciplinary analysis of nature's benefits to society», 108: 895-902, 2011.
- Dunne, J. A.; R. J. Williams; N. D. Martinez: «Network Structure and Biodiversity Loss in Food Webs: Robustness Increases with Connectance», *Ecol. Lett.* 5: 558-567, 2002.
- Dunne, J. A.; R. J. Williams; N. D. Martinez: «Network Structure and Robustness of Marine Food Webs», *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 273: 291-302, 2004.
- Funes-Monzote, F. R.: *Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba*. Ed. Estación Experimental Indio Hatuey, 2009.
- Gliessman, S. R.: *Agroecology: Ecological Processes in Agriculture*, Ann. Arbor Press, Chelsea, Michigan, 1999.
- Griffon, D.: «Estimación de la biodiversidad en agroecología», *Agroecología* 3: 25-31. 2008.
- Griffon, D.: «Evaluación Sistémica de Agroecosistemas: El índice Agroecológico». *Revista Brasileña de Agroecología*, nov. 2009 vol. 4, no. 2, 2009.
- Grupo Nacional de Agricultura Urbana y Suburbana (GNAUSU): *Lineamientos. Agricultura suburbana 2010*. Ministerio de la Agricultura, La Habana, 2009.
- Hernández, L.; M. A. Pino and E. Terry: «Aplicación de métodos participativos para la diversificación de cultivos en la agricultura urbana», *Cultivos Tropicales* (Mayabeque), 28 (4): 9-18, 2007.
- Lavorel, S.; K. Grigulis; P. Lamarque; M. P. Colace; D. Garden; J. Girel; G. Pellet; R. Douzet: «Using plant functional traits to understand the landscape distribution of multiple ecosystem services», *Journal of Ecology* 99: 135-147, 2011.
- Leyva, A. y J. Pohlan: *Agroecología en el trópico: ejemplos de Cuba. La biodiversidad vegetal, cómo conservarla y multiplicarla*, Ed. Shaker Verlag, 2005.
- Lores, A.; A. Leyva y T. Tejeda: «Evaluación espacial y temporal de la agrobiodiversidad en los sistemas campesinos de la comunidad Zaragoza en La Habana», *Cultivos Tropicales* (Mayabeque) 29 (1): 5-10, 2008.
- McNeely, J. A.; K. R. Miller; W. V Reid; R. A. Mittermeier and T. B. Werner: «Conserving the world's biological diversity. International Union for conservation of Nature and Nature Resources», WRI, Conserv. Intl., World Wildlife Funders, World Bank, Washington D.C., 1990.
- Montoya, J. M. y R. V. Solé: «Topological Properties of Food Webs: From Real Data to Community Assembly Models», *Oikos* 102:614-622, 2003.
- Mouchet, M. A.; S. Villéger; N. W. Mason and D. Mouillot: «Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules», *Functional Ecology* 24: 867-876, 2010.
- Perfecto, I.; J. Vandermeer and A. Wright: *Nature's matrix: linking agriculture, conservation and food sovereignty*, Earthscan, Londres, 2009.
- Pimentel, D.; D. Andow; R. Dyson-Hudson; D. Gallahan; S. Jacobson; M. Irish; S. Kroop; A. Moss; I. Schreiner; M. Sphepard; T. Thompson and B. Vinzant: «Environmental and social cost of pesticides: a preliminary assessment», *Oikos* 34: 126-140, 1980.
- Rodríguez, A.: «Generalidades sobre la agricultura suburbana», en *Manual para la adopción del manejo agroecológico de plagas en la agricultura suburbana*, Ed. INISAV-INIFAT- IAgri, La Habana, pp. 13-24, 2011.
- Solé, R. V. and J. M. Montoya: «Complexity and Fragility in Ecological Networks», *Proc. Roy. Soc. Lond. B* 268: 2039-2045, 2001.
- Southwood, T. R. E. and M. J. Way: «Ecological background to pest management», en *Concepts of pest management*, Ed. R. L. Rabb and F. E. Guthrie, North Carolina State University, Raleigh, N. C., 1970.
- Swift, M. J. and J. M. Anderson: «Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems», en *Biodiversity and Ecosystem Function*, E. D. Scholze and H. Mooney Berlin, 1993.
- Tilman, D.; J. Knops; D. Wedin; P. Reich; M. Ritchie and E. Siemann: «The influence of Functional Diversity and Composition on Ecosystem Processes», *Science* 277: 1300-1302, August, 1997.
- Vandermeer, J. and I. Perfecto: *Breakfast of Biodiversity. Food First Book*, Oakland, California, 1995.
- Vázquez, L. L.: «Principios del manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura suburbana», en *Manual para la adopción del manejo agroecológico de plagas en la agricultura suburbana*. Ed. INISAV-INIFAT-IAgri, La Habana, 2011.
- Vázquez, L. L.: «Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia», *Agroecología* (11): 33-42, 2013.
- Vázquez, L. L. y Y. Matienzo: «Caracterización rápida de la diversidad biológica en los sistemas de producción agrícola como base para el manejo agroecológico de plagas», en IV Curso-Taller Nacional del programa para la adopción de la lucha biológica y otras prácticas agroecológicas por el agricultor, Trinidad, Sancti Spiritus, del 28 al 30 de marzo de 2006.
- Vázquez, L. L.; Y. Matienzo; M. Veitía y J. Alfonso: *Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba*, Ed. CIDISAV, La Habana, septiembre de 2008.
- Vázquez, L. L.; Y. Matienzo; J. Alfonso; M. Veitía; E. Paredes y E. Fernández: «Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos», *Agricultura Orgánica* 18 (3): 14-18. 2012.