



## A1-209 Tipos funcionales de plantas productivas integradas en diseños de sistemas de cultivos complejos innovados por agricultores.

Luis L. Vázquez Moreno; y Ángela Porras González; Janet Alfonso-Simonetti

[lvazquezmoreno@yahoo.es](mailto:lvazquezmoreno@yahoo.es); [jsimonetti@inisav.cu](mailto:jsimonetti@inisav.cu); [aporras@inisav.cu](mailto:aporras@inisav.cu)

### Resumen

Debido a la importancia actual de los sistemas de cultivos complejos (SCC) durante el proceso de reconversión agroecológica de fincas suburbanas, se estudiaron 24 diseños realizados por agricultores de fincas suburbanas en diferentes territorios agrícolas de la región occidental, central y oriental de Cuba, con el propósito de evaluar sus funciones de autorregulación ecológica. Se realizó una caracterización genética, espacial y temporal de cada diseño; se identificaron las funciones de autorregulación ecológica en cada uno de ellos para determinar su Coeficiente Funcional. Los tipos de diseños que predominaron en los SCC estudiados fueron en policultivos herbáceos (75%), seguidos de los policultivos arbóreo-herbáceos y polifrutales con el 12,5% cada uno. El mayor coeficiente funcional (CF) lo alcanzó el diseño que integra yuca-maíz-frijol (86,7 %); le siguen los diseños de boniato-maíz y yuca-maíz (76,7 %), plátanos-yuca (73, 3 %), frijol-maíz, plátano-frijol-maíz (70 %) y aguacate-mamey-café (66,7 %). Se propone, preliminarmente, que estas plantas productivas integradas (maíz, plátano o banano, árboles frutales) sean consideradas como Tipos Funcionales de Plantas Productivas (TFPP). Introducir como criterio las funciones que realizan las plantas productivas integradas en los diseños de SCC, así como las que se logren como resultado de las interacciones del diseño y manejo temporal y espacial de estos, refuerza la hipótesis de que no es suficiente con lograr complejidad en los diseños agroecológicos, sino que se requiere multifuncionalidad. Los diseños estudiados valorizan la lógica de los agricultores, que es una capacidad basada en las tradiciones, la experiencia práctica de años y su gran habilidad para realizar observaciones y análisis complejos.

**Palabras clave:** sistemas de cultivos complejos; funciones de la biodiversidad; capacidad de autorregulación ecológica; innovación por agricultores.

### Abstract

Because of the current importance of crop complex systems (SCC) during conversion of suburban agroecological farms, 24 designs made by farmers suburban estates in different agricultural areas of eastern western, central and Cuba they were studied in order to assess their ecological functions of self-regulation. Genetic, spatial and temporal characterization of each design was made; self ecological functions in each coefficient determining its functional identified. The types of designs that dominated the SCC were studied in arable polyculture (75%), followed by herbaceous and tree-polifruits and polyculture with 12.5% each. The greater functional coefficient (CF) it reached the design that integrates cassava-maize-beans (86.7%); followed the designs of sweet potato-corn and cassava-corn (76.7%), plantain-cassava (73, 3%), bean-corn, banana-bean-corn (70%) and avocado-mammees-coffee (66, 7%). It is proposed, preliminarily, these integrated production plants (corn, banana or plantain, fruit trees) are considered as Functional Types of Productive Plants (TFPP). Introduce as a criterion the functions they perform integrated production plants SCC designs and which are achieved as a result of the interactions of temporal and spatial design and management of these reinforces the hypothesis that it is not enough to achieve complexity agroecological designs, but multifunctionality is required. The designs studied valued logic of farmers, which is a capacity based on the traditions, the practical experience of years and its great ability to observe and complex analyzes.



**Keywords:** crop complex systems; functions of biodiversity; ecological self-regulation capacity, innovation by farmers.

## Introducción

Los sistemas de cultivos, forestería y ganadería complejos constituyen diseños agroecológicos, conocidos como policultivos, agroforestales, silvopastoriles, polifrutales y otros, que integran diversidad de plantas y animales en una dinámica genética, espacial y temporal, para lograr multifunciones que contribuyan a una mayor eficiencia en la producción de biomasa, la autorregulación ecológica y la resiliencia al cambio climático (Vázquez *et al.*, 2012).

Estos diseños complejos ratifican que la biodiversidad, descrita en términos de número, abundancia, composición y distribución espacial de sus entidades (genotipos, especies, o comunidades), caracteres funcionales, así como las interacciones entre sus componentes (Hooper *et al.*, 2005), tiene gran importancia para el funcionamiento, el mantenimiento y la estabilidad de los ecosistemas (Gliessman, 2001).

La necesidad de abordar el estudio de la biodiversidad desde una perspectiva más sistémica, condujo al surgimiento del concepto de diversidad funcional (Tilman, 2001), que ha ido ganando cada vez más popularidad entre la comunidad científica, dados sus estrechos vínculos con los procesos ecológicos, por lo que actualmente la atención se vuelca hacia un enfoque más funcional, que trata de establecer relaciones causales entre las características de los organismos presentes y los procesos y servicios de los ecosistemas (Hooper *et al.*, 2005).

Debido a la importancia actual de los sistemas de cultivos complejos durante el proceso de reconversión agroecológica de fincas suburbanas, resulta necesario identificar y argumentar sus servicios ecológicos, razón por la cual el presente estudio tuvo este propósito, como estrategia para recomendar su mayor nivel de adopción.

## Metodología

Se estudiaron 24 sistemas de cultivos complejos (SCC) que realizan agricultores de fincas suburbanas en diferentes territorios agrícolas de la región occidental, central y oriental de Cuba, a saber (los números corresponden a los diseños en la Tabla 1): 1, 3, 4, 5, 7, 15 (San Antonio de los Baños, Artemisa); 2, 8, 9, 10 (Guiñes, Mayabeque); 22, 24 (Bejucal, Mayabeque); 11, 12 (Fomento, Sancti Spiritus); 13 (Bayamo, Granma); 14, 16 (Palmira, Cienfuegos); 6, 17, 18, 19, 20 (Ceballos, Ciego de Ávila); 21, 23 (Camagüey).

En cada finca se describió, junto con el agricultor, las características principales del diseño que realizan, para lo cual se consideró las especies integradas, así como el arreglo en tiempo y espacio de las siembras o trasplantes, con respecto al cultivo principal.

Las funciones a identificar en cada diseño se consideraron de autorregulación ecológica, del sistema de cultivo (Altieri y Nicholls, 2007; Hooper *et al.*, 2005; Nicholls, 2010), a saber: a-barrera física a poblaciones inmigrantes de organismos nocivos (insectos, ácaros, esporas de microorganismos, semillas de arvenses y otros); b-confusión para el desplazamiento y la localización de hospedantes de insectos fitófagos (color, olor, estructura, otros); c-reducción de la concentración de hospedantes preferidos de insectos, ácaros, microorganismos fitopatógenos y otros organismos nocivos (especies no hospedantes); d-efecto de competencia sobre la composición y cobertura de arvenses; e-reservorio de artrópodos



predadores y parasitoides de insectos y ácaros fitófagos; f-fuente de alimentación (néctar de flores) de adultos de artrópodos (polinizadores y entomófagos); g-barrera física antierosiva; h-aumento de la retención de humedad en el suelo; i-regulación del microclima; j-mejora de las propiedades del suelo.

Para evaluar las funciones de autorregulación ecológica del diseño y la contribución funcional de las plantas integradas, se consideraron tres criterios principales: del agricultor, en base a su experiencia; los resultados de observaciones realizadas en el momento de la visita, principalmente sobre incidencia de insectos fitófagos y entomófagos, arvenses y estado de la conservación del suelo; análisis colectivo, propiciado al final en cada finca, en que participaron además técnicos locales. Cada una se evaluó según su nivel de contribución en: (3) alta, (2) media, (1) baja, (0) ninguna observada. En el caso de la evaluación de los caracteres funcionales de las plantas, se descartaron los que no tienen relación con la función.

Para cada diseño estudiado se determinó el Coeficiente Funcional identificado, mediante la expresión siguiente:  $CF_{ident} = [\sum(fi/fo)] * 100$ . Donde: fi es la sumatoria del valor obtenido en las funciones de autorregulación ecológica identificadas en el diseño y fo es la sumatoria de los valores óptimos de todas las funciones identificadas.

Se efectuó un análisis de conglomerados con el objetivo de agrupar los diseños de SCC teniendo en cuenta las funciones que realizan, empleando un método jerárquico de clasificación, y como medida de distancia la Euclideana al cuadrado, para garantizar la cohesión interna y el aislamiento externo del grupo.

### **Resultados y discusiones**

Los tipos de diseños que predominaron en los SCC estudiados fueron en policultivos herbáceos (75%), seguidos de los policultivos arbóreo-herbáceos y polifrutales con el 12,5% cada uno.

El mayor coeficiente funcional (CF) lo alcanzó el diseño que integra yuca-maíz-frijol (86,7 %); le siguen los diseños de boniato-maíz y yuca-maíz (76,7 %), plátanos-yuca (73, 3 %), frijol-maíz, plátano-frijol-maíz (70 %) y aguacate-mamey-café (66,7 %)(Tabla 1).

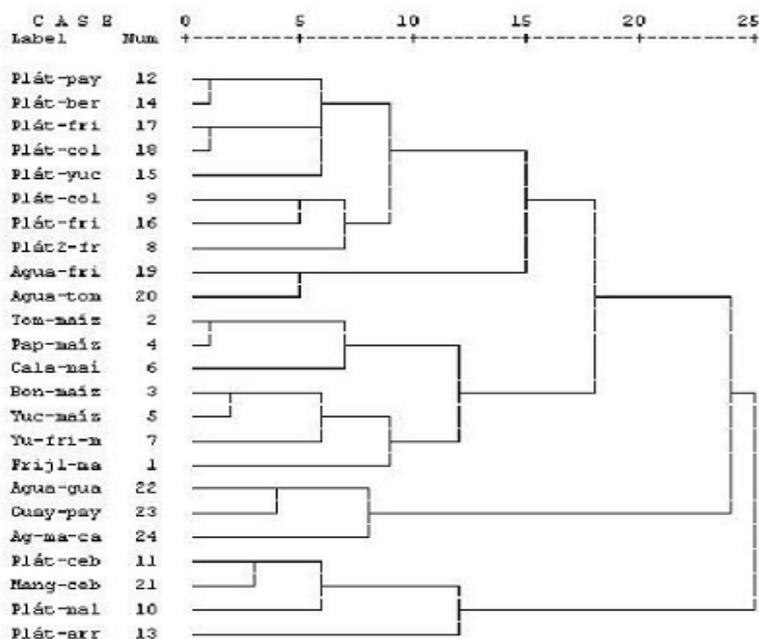
**TABLA 1.** Diseños de sistemas de cultivos complejos estudiados, funciones de autorregulación ecológica identificadas y coeficiente funcional.

Sistemas de cultivos complejos estudiados y especies de plantas integradas <sup>1</sup>	Características del diseño		Funciones identificadas y nivel de contribución del diseño										CF
	Temporal	Espacial	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	
<b>Diseños de policultivos herbáceos</b>													
1.Frijol-maíz	Simultáneo o secuencia	Asociado o intercalado	3	2	2	2	3	2	1	2	1	3	70
2.Tomate-maíz	Simultáneo o secuencia	Asociado o intercalado	3	2	2	1	3	2	1	1	1	1	56,7
3.Boniato-maíz	Simultáneo o secuencia	Asociado o intercalado	3	2	2	3	3	2	3	2	1	2	76,7
4.Papa-maíz	Simultáneo o secuencia	Asociado o intercalado	3	2	2	2	3	2	1	1	1	1	60
5.Yuca-maíz	Simultáneo	Intercalado	3	3	2	3	3	2	2	2	1	2	76,7
6.Calabaza-maíz	Secuencia	Intercalado	2	1	2	1	3	3	1	1	1	1	53,3
7.Yuca-maíz-frijol	Simultáneo	Intercalado	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	86,7
8.Plátano-frijol	Secuencia	Intercalado	3	2	1	1	1	1	1	1	2	2	50
9.Plátano-col	Secuencia	Intercalado	3	2	2	1	1	1	1	1	2	1	50
10.Plátano-malanga	Secuencia	Intercalado	3	1	2	1	0	0	2	2	2	1	46,7
11.Plátano-cebolla	Secuencia	Intercalado	3	2	2	1	0	0	1	1	2	1	43,3
12.Plátano-papaya	Secuencia	Asociado	3	2	2	2	1	1	2	2	2	1	60
13.Plátano-arroz	Secuencia	Intercalado	3	2	2	3	0	0	1	3	2	1	56,7
14.Plátano-berenjena	Secuencia	Intercalado	3	2	2	2	1	1	1	2	2	1	56,7
15.Plátanos-yuca	Secuencia	Asociado	3	3	2	3	2	1	2	2	2	2	73,3
16.Plátano-frijol-col	Secuencia	Intercalado	3	2	3	1	1	1	1	2	2	2	60
17.Plátano-frijol-maíz	Secuencia	Intercalado	3	2	3	2	2	1	2	2	2	2	70
18.Plátano-col-maíz	Secuencia	Intercalado	3	2	3	2	2	1	1	2	2	2	66,6
<b>Diseños de policultivos arbóreos-herbáceos</b>													
19.Aguacate-frijol	Secuencia	Intercalado	2	1	2	2	0	1	1	2	1	2	46,6
20.Aguacate-tomate	Secuencia	Intercalado	2	1	2	1	0	1	1	1	1	1	36,7
21.Mango-cebolla	Secuencia	Intercalado	2	1	2	1	0	0	1	1	1	1	33,3
<b>Diseños de polifrutales arbóreos</b>													
22.Aguacate-guayaba	Simultáneo	Asociado	3	2	2	0	1	1	2	1	2	1	50
23.Guayaba-papaya	Simultáneo	Asociado	3	2	2	0	2	1	2	2	2	1	56,7
24.Aguacate-mamey-café	Simultáneo y secuencia	Asociado	3	3	3	0	1	1	3	3	2	1	66,7

(1) Las especies de plantas productivas integradas en los diseños estudiados son: aguacate (*Persea americana*), arroz (*Oryza sativa*), berenjena (*Solanum melongena*), boniato (*Ipomoea batatas*), cafeto (*Coffea arabica*), calabaza (*Cucurbita* spp.), cebolla (*Allium cepa*), col (*Brassica oleracea capitata*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), guayaba (*Psidium guajava*), maíz (*Zea mays*), malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), mamey (*Pouteria sapota*), mango (*Mangifera indica*), papa (*Solanum tuberosum*), papaya (*Carica papaya*), plátano y banano (*Musa* spp.), tomate (*Solanum lycopersicum*), yuca (*Manihot esculenta*).

De acuerdo con las funciones de autorregulación ecológica que realizan estos diseños, se identificaron cinco conglomerados (Figura 1), evidenciándose que en cada uno de ellos se integra un cultivo que define el tipo de SCC: policultivo herbáceo (conglomerados 1 y 3, con

predominio del maíz y el plátano), policultivo arbóreo-herbáceo (conglomerados 2 y 5, con predominio de árboles frutales) y polifrutal (conglomerado 4, con integración de especies de árboles frutales). El conglomerado 5 muestra las mayores diferencias con los restantes, principalmente por haberse otorgado baja o nula función como reservorio de artrópodos predadores y parasitoides de insectos y ácaros fitófagos y fuente de alimentación (néctar de flores) de adultos de polinizadores y entomófagos.



**FIGURA 1.** Dendrograma de diseños de SCC en base a funciones de autorregulación ecológica. Conglomerado 1 (12, 14, 17, 18, 15, 9, 16, 8); conglomerado 2 (19, 20), conglomerado 3 (2, 4, 6, 3, 5, 7, 1); conglomerado 4 (22, 23, 24), conglomerado 5 (11, 21, 10, 13).

Los agricultores han seleccionado el maíz y el plátano como cultivos con mayor número de funciones para el diseño de los policultivos herbáceos y los árboles frutales para los diseños arbóreo-herbáceos, además han generado diseños de polifrutales, estos dos últimos de gran novedad, todos en sistemas de producción de la agricultura suburbana, donde años atrás predominaba la agricultura convencional, lo que refuerza el auge de la experimentación de agricultores en el país (Vázquez, 2010), como vía para aumentar la eficiencia y resiliencia de la producción agropecuaria.

Estos resultados permiten sustentar preliminarmente que estas plantas integradas (maíz, plátano y banano, árboles frutales), contribuyen a las funciones que se logran en los diseños donde se integran (policultivos, polifrutales), por lo que pueden ser consideradas como Tipos Funcionales de Plantas Productivas (TFPP), que según Díaz y Cabido (2001) son especies que desempeñan un papel semejante en el funcionamiento del ecosistema, o que presentan respuestas similares a factores ambientales.

Para entender esta propuesta hay que considerar la evolución conceptual que está sucediendo sobre biodiversidad funcional; expresada como la variedad de las interacciones con los procesos ecológicos a diferentes escalas espacio-temporales, el rango y valor de los



caracteres de los organismos que influyen sobre el funcionamiento ecológico y la abundancia relativa de los caracteres como componente clave; es decir, el tipo, rango y abundancia relativa de los caracteres funcionales presentes en una comunidad (Tilman, 2001).

Introducir como criterio las funciones que realizan las plantas productivas integradas en los diseños de SCC, así como las que se logren como resultado de las interacciones del diseño y manejo temporal y espacial de estos, refuerza la hipótesis de que no es suficiente con lograr complejidad en los diseños agroecológicos, sino que se requiere multifuncionalidad; es decir, como expresara Vandermeer (1995), los policultivos son sistemas en que dos o más cultivos se establecen simultáneamente y lo suficientemente juntos para que se produzca competencia interespecífica o complementariedad.

Estas experiencias refuerzan el basamento teórico del papel de la biodiversidad en los diseños agroecológicos de sistemas de cultivos y valorizan la lógica de los agricultores, que es una capacidad basada en las tradiciones, la experiencia práctica de años y su gran habilidad para realizar observaciones y análisis complejos.

## Conclusiones

Los diseños de sistemas de cultivos complejos pueden ser más eficientes en la medida que logren integrar plantas que, además de ser productivas, realicen funciones de autorregulación ecológica y los innovados por los agricultores, constituyen un potencial básico para la reconversión agroecológica.

## Referencias bibliográficas

- Altieri, M. A. y C. I. Nicholls (2007). Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. Perspectivas agroecológicas No. 2. Icaria editorial, Barcelona. 245p.
- Díaz, S. and M. Cabido (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem functioning. *Trends Ecol. Evol.* 16: 646-655.
- Gliessman, S. R. ed. (2001). Agroecosystem sustainability: developing practical strategies. Book Series Advances in Agroecology, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hooper, D.U.; F.S. Chapin; J. J. Ewel; A. Hector; P. Inchausti; S. Lavorel; J.H. Lawton; D. M. Lodge; M. Loreau; S. Naeem; B. Schmid; H. Setälä; A.J. Symstad; J. Vandermeer; D.A. Wardle. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* 75: 3-35.
- Nicholls, Clara (2010). Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. En: T. León y M. Altieri eds. *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. Socla-Universidad Nacional de Colombia. Ideas No. 21. Pp. 203-225.
- Tilman, D. (2001). Functional diversity. In: *Encyclopedia of Biodiversity*. R. Levin (Ed.), pp. 109–120. Academic Press, San Diego, CA.
- Vandermeer, J. (1995). Los policultivos. La teoría y evidencia de su facilitación. Department of Biology University of Michigan. *Ann. Arbor, Michigan, EUA*. 20 pp.
- Vázquez, L. L. (2010). Agricultores experimentadores en agroecología y transición de la agricultura en Cuba. Capítulo 10. Pp. 229-248. En: M. A. Altieri Editor. *Vertientes del pensamiento agroecológico. Fundamentos y aplicaciones*. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). Medellín, Colombia. 364p.
- Vázquez, L. L.; Y. Matienzo; J. Alfonso; M. Veitía; E. Paredes; E. Fernández (2012). Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos. *Revista Agricultura Orgánica (La Habana)*. 18 (3): 14-18.