

Resiliencia de sistemas de producción agropecuaria expuestos al huracán Irma en Cuba**Resilience of agricultural production systems exposed to hurricane Irma in Cuba**Luis L. Vázquez-Moreno <https://orcid.org/0000-0001-5085-0132>

Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. La Habana, Cuba.

Correo electrónico: lvazquezmoreno@yahoo.es**Resumen****Objetivo:** Evaluar la resiliencia de sistemas de producción expuestos al huracán Irma en territorios de Cuba.**Materiales y Métodos:** Se determinó el índice general de resiliencia a ciclones tropicales (IGRct), que se contrastó con el coeficiente de diseño y manejo agroecológico ($C_{dm}A$). Ambos se complementaron con la valoración de la sensibilidad de las especies productivas y la vulnerabilidad de los sistemas de cultivo y ganadería.**Resultados:** Los sistemas de producción se agruparon en tres conglomerados, con mayor contribución para estos agrupamientos por su capacidad de resistencia durante el evento y su transformabilidad permanente, así como por el diseño y manejo de la matriz del sistema de producción y la estructura de la agrobiodiversidad. La sensibilidad de las especies cultivadas mostró ciertas diferencias para los tipos de plantas en el siguiente orden: cultivos agrícolas anuales y temporales > cultivos agrícolas semipermanentes > frutales arbóreos > plantas herbáceas permanentes. La vulnerabilidad de los sistemas de cultivo y ganadería en cada sistema de producción estudiado resultó menor para los sistemas del conglomerado III, en los que se mantuvo 62,5 % de los cultivos. Esto contrasta con el conglomerado I, en el cual 38,5 % de la producción se rescató durante el proceso, mientras que en los sistemas del conglomerado II se logró mantener 2,7 %.**Conclusión:** Los sistemas de producción que adoptaron la agroecología expresaron diferentes capacidades de resiliencia, lo que se relaciona con los caracteres que aportan el diseño y manejo de los sistemas de cultivo y ganadería existentes, así como el resto del sistema de producción.**Palabras clave:** biodiversidad, cambio climático, ciclones**Abstract****Objective:** To evaluate the resilience of production systems exposed to hurricane Irma in territories of Cuba.**Materials and Methods:** The general index of resilience to tropical cyclones (GIRtc) was determined, which was contrasted with the coefficient of agroecological design and management ($A_{dm}C$). They were both complemented with the evaluation of the sensitivity of productive species and the vulnerability of the cultivation and animal husbandry systems.**Results:** The production systems were grouped in three clusters, with higher contribution for these groupings by their resistance capacity during the event and their permanent transformability, as well as by the design and management of the production system and structure of agrobiodiversity. The sensitivity of the cultivated species showed certain differences for the plant types in the following order: annual and temporary agricultural crops > semi-permanent crops > fruit trees > permanent herbaceous plants. The vulnerability of the cropping and animal husbandry systems in each studied production system was lower for the systems of cluster III, in which 62,5 % of the crops remained. This contrasts with cluster I, in which 38,5 % of the production was rescued during the process; while in the systems of cluster II 2,7 % could be maintained.**Conclusion:** The production systems that adopted agroecology expressed different capacities of resilience, which is related to the traits contributed by the design and management of the existing cropping and animal husbandry systems, as well as the rest of the production system.**Keywords:** biodiversity, climate change, cyclones**Introducción**

El cambio climático puede exacerbar los procesos de degradación de la tierra por el incremento en la intensidad de la lluvia, las inundaciones, la frecuencia y severidad de la sequía, así como por la sobrecarga

térmica, los períodos de sequía, el viento, el nivel del mar, la acción de las olas y el deshielo, cuyos resultados se modulan por la gestión de la tierra. Estos eventos evidentemente afectan la seguridad alimentaria, como resultado del calentamiento, los

Recibido: 02 de marzo de 2021

Aceptado: 11 de mayo de 2021

Como citar este artículo: Vázquez-Moreno, Luis L. Resiliencia de sistemas de producción agropecuaria expuestos a un huracán en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 44:e13, 2021.Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

patrones cambiantes de precipitación y la mayor frecuencia de algunos fenómenos extremos (IPCC, 2020).

Aunque no es adecuado asignar la ocurrencia de un huracán al cambio climático, debido a que este fenómeno obedece a diferentes factores regionales, existen evidencias científicas que demuestran la intensificación de los huracanes del Atlántico, sobre todo los de mayor categoría (Poveda *et al.*, 2020). Al respecto, las proyecciones indican que los huracanes durante el siglo XXI serán más intensos, debido al cambio climático (Ting *et al.*, 2019).

Se observa una tendencia creciente en la actividad de los huracanes sobre Cuba, al considerar una serie muy larga y confiable, comprendida entre 1791 y 2017, aunque no es estadísticamente significativa. Entre 2001 y 2017, 12 huracanes afectaron la Isla, y de ellos 10 fueron intensos. Esta fuerte actividad de grandes huracanes sobre Cuba desde el 2001, sin antecedentes desde 1791, está condicionada ante todo por los altos valores de la temperatura del mar en el Atlántico tropical, registrados desde 1998. Esta variación guarda similitud con las proyecciones del clima futuro, en cuanto a la idea de que los huracanes pudieran ser más intensos, siguiendo el aumento de la temperatura del mar (CITMA, 2020).

El huracán Irma, que incidió en 2017, afectó sensiblemente la producción agropecuaria en el país, cuyos daños alcanzaron más de 50 mil 500 ha, principalmente 26 915 ha de plátano (*Musa sp.*) y banano (*Musa spp.*), 1 900 de arroz (*Oryza sativa L.*), 4 520 de yuca (*Manihot esculenta Crantz.*), 12 569 de maíz (*Zea mays L.*) y 123 de cítricos (*Citrus spp.*). En la ganadería, más de 145 mil animales se afectaron: 71 800 aves ponedoras, 1 600 vacunos (principalmente terneros) y 866 cerdos muertos (Naciones Unidas-Cuba, 2017).

Pocos estudios evalúan las estrategias de resistencia a los huracanes o los desafíos que enfrentan las personas que manejan las tierras para paliar sus efectos. En tanto, las acciones que se implementan en aras de aumentar la resiliencia ante los huracanes deben incorporar las necesidades locales, alinearse con otros objetivos de gestión de la tierra y aumentar la resiliencia general al cambio climático y los factores estresantes relacionados (Wiener *et al.*, 2020).

Cinner *et al.* (2018) identificaron cinco dominios que son necesarios para desarrollar la capacidad de adaptación y lograr la resiliencia ante estos eventos. Se trata de activos a los que se puede recurrir en momentos de necesidad, que tienen que ver con la flexibilidad para cambiar una estrategia, capacidad de organización y actuación colectiva,

reconocimiento y respuesta al cambio, y cuándo y cómo cambiar. Investigaciones anteriores han demostrado que la capacidad de adaptación de los actores está determinada por los procesos interactivos que ocurren a múltiples escalas, incluida la pertenencia a organizaciones campesinas y las relaciones entre agricultores y compradores (Frank *et al.*, 2012).

Por la importancia de profundizar en las características que confieren capacidad de resiliencia a los sistemas de producción agropecuaria ante los efectos físicos de los ciclones tropicales-huracanes, este estudio tiene como objetivo evaluar la resiliencia de los sistemas de producción expuestos al huracán Irma en varios territorios de Cuba.

Materiales y Métodos

El huracán Irma tocó tierra cubana por el cayerío norte, en los límites entre Camagüey y Ciego de Ávila, al este de cayo Romano en la provincia de Camagüey, desde la tarde del 8 de septiembre de 2017. En su movimiento, el centro se encontraba sobre las bahías de Jagüey, Perros y Buena Vista en las primeras horas de la madrugada del 9 de septiembre. Se catalogó como un huracán categoría 5 en la escala Saffir Simpson (Benedico-Rodríguez, 2017).

Transitó ese mismo día por los mares al norte del país, con un movimiento entre el oeste y oeste noroeste, por todos los cayos de la región central, luego comenzó a girar lentamente al noroeste y al norte, entre las provincias de Villa Clara y Matanzas. La configuración geográfica del territorio nacional, la trayectoria descrita por el huracán y la amplia circulación de este sistema, favorecieron que prácticamente toda Cuba se afectara por este meteoro (González-Ramírez *et al.*, 2017).

Con posterioridad a la incidencia del evento, se estudiaron diferentes tipos de sistemas de producción agropecuaria, que estuvieron expuestos a los efectos físicos de los vientos fuertes y las lluvias intensas del huracán Irma, según recomendaron las autoridades locales, en las provincias de La Habana, Sancti Spiritus, Ciego de Ávila y Camagüey (tabla 1).

En estos territorios, el huracán Irma incidió en un periodo de relativamente baja producción agrícola, intermedio entre el final de la estación de verano (cultivos de primavera) y los preparativos para el inicio de las siembras de la estación de frío (semilleros, preparación del suelo, otros), que es la de mayor importancia en Cuba. No obstante, estaban en producción algunos cultivos temporales, anuales y permanentes.

La metodología general que se utilizó fue una combinación del enfoque cuantitativo y el cualitativo, complementada con procesos participativos.

Tabla 1. Sistemas de producción estudiados para determinar la resiliencia ante el huracán Irma en territorios de Cuba.

Territorios (municipio y provincia)	Formas de organización productiva ^v y zona de ubicación ^w	Sistema de producción estudiado y principales características de su diseño	Especies productivas expuestas al evento
Marianao (La Habana)	UBPC La Victoria (periurbana)	Finca La Victoria (24,48 ha). Diseño complejo: cerca viva perimetral diversificada, superficie subdividida en unidades de manejo delimitadas por tramos de cercas vivas internas, integración de ganadería, agricultura y frutales, varias arboledas de frutales; integración de barreras vivas, campos en poliforrajes, canteros de policultivos con gualderas (organopónico); ganado menor semiestabulado, que pastorea en potrero acuartonado.	Campo en bloques [morera (<i>Morus alba</i> L.), moringa (<i>Moringa oleifera</i> Lam)], organopónico (semillero de hortalizas), cría semiestabulada (cabras) y nave en jaulas (cunicola), arboledas de frutales [acerola (<i>Malpighia emarginata</i> DC.), mango (<i>Mangifera indica</i> L), cafetos (<i>Coffea</i> sp.), cocotero (<i>Cocos nucifera</i> L.), guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) y otras 25 especies
		Finca Margaritas (6,3 ha). Diseño simple: cerca viva perimetral diversificada, producción agrícola y campos en monocultivo.	Campos [guayaba, plátano, tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.), frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)]
Habana del Este (La Habana)	CCS Ana Betancourt (periurbana)	Huerto El Pedregal (0,9 ha). Diseño simple: cerca viva perimetral simple, integración agricultura y ganadería, integración de barreras vivas; policultivos en canteros (organopónico) y parcelas pequeñas; cría de ganado semiestabulado.	Canteros [habichuela (<i>Vigna unguiculata</i> var. <i>sesquipedalis</i> (L.) Verdc.), ají cachucha (<i>Capsicum</i> spp.), lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L., acelga (<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i> (L.) K. Koch)]; parcelas pequeñas [plátano, guayaba, limón (<i>Citrus x limon</i> (L.) Burm f.)]; cría semiestabulada (vacuno y caprino).
		Huerto Victoria contra las piedras (2,0 ha). Diseño simple: cerca viva perimetral, integración de agricultura, frutales y ganadería; integración de barreras vivas, canteros en policultivos (organopónico) y en parcelas pequeñas y polifrutal en campo típico; cría de ganado semiestabulado y en naves.	Canteros [lechuga, habichuela, zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.), remolacha (<i>Beta vulgaris</i> L.), ajo de montaña (<i>Allium ramosum</i> L.)]; parcelas [yuca, plátano, calabaza (<i>Cucurbita maxima</i> L.); campo [aguacate (<i>Persea americana</i> Mill), mango, naranja agria (<i>Citrus x aurantium</i> L.), guayaba]; cría semiestabulada (vacuno, ovino), naves (aves, cunicola).
		Huerto Trece de septiembre (0,75 ha). Diseño complejo: cerca viva perimetral, integración cultivos agrícolas y frutales; integración de barreras vivas, policultivos en canteros (organopónicos) y parcelas pequeñas; polifrutal en campo.	Canteros [lechuga, cebollino (<i>Allium schoenoprasum</i> L.), acelga, remolacha]; parcelas pequeñas [quimbombó (<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.), tomate, pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.), boniato (<i>Ipomoea batatas</i> L.), plátano], campo [mango, guayaba, anón (<i>Annona squamosa</i> L.), aguacate, cocotero, ciruela (<i>Spondias dulcis</i> Parkinson)].
		Huerto El Cachón (1,2 ha). Diseño complejo: cerca viva simple, integración agricultura y frutales; sistema subdividido en unidades de manejo, delimitadas por tramos de cercas vivas; integración de barreras vivas, canteros chinos y con gualderas (organopónico) y campo en polifrutales.	Canteros con gualderas [ají cachucha, habichuela, pepino, apio (<i>Apium graveolens</i> L.) culantro (<i>Coriandrum sativum</i> L.)], canteros chinos (quimbombó, plátano); campo (cocotero, guayaba, acerola, limón y otras 13 especies)
Guanabacoa (La Habana)	CCS Emiliano Montesdeoca (suburbana)	Finca Vista hermosa (47 ha). Diseño complejo: cerca viva perimetral diversificada, integración ganadería, agricultura y forrajes; superficie subdividida en unidades de manejo, delimitadas por cercas vivas internas; potreros acuartonados, campos en poliforrajes, naves de crías y canteros chinos en policultivo.	Cría semiestabulada (ovino, caprino, vacunos); corrales-pastoreo (porcino); jaula en nave (cunicola); corral-pastoreo (aves); campos en bloques [caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.), morera, tithonia (<i>Tithonia diversifolia</i> Hemsl., A. Gray), king grass (<i>Pennisetum purpureum</i> x <i>Pennisetum typhoides</i>)]; campos (caña de azúcar, king grass); casa de cultivos (hortalizas); colmenas con área seminatural de pecoreo.

Tabla 1. (Continuación).

Territorios (municipio y provincia)	Formas de organización productiva [‡] y zona de ubicación ^{‡‡}	Sistema de producción estudiado y principales características de su diseño	Especies productivas expuestas al evento
Fomento (Sancti Spiritus)	CCS El Baquerito (rural de montaña)	Finca El Tamarindo (1,0 ha). Diseño complejo: sistema agroforestal de café tradicional.	Cafetal con árboles de sombra y frutales intercalados [aguacate, mango, guayaba, tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.), limón, plátano]
Baraguá (Ciego de Ávila)	CCS Máximo Gómez (rural)	Finca La Ceiba (107,5 ha). Diseño complejo: cerca viva perimetral simple; integración agricultura, frutales y ganadería; superficie de la finca subdividida en unidades de manejo, delimitadas por tramos de cercas vivas internas y simples; campos en unicultivo y crías en nave.	Campos [plátano, aguacate, mamey (<i>Pouteria sapota</i> Jacq.), mango]; cría en nave (porcino).
		Finca La Lucha (52 ha). Diseño simple: producción agrícola, cerca viva perimetral sencilla, campos en unicultivo.	Campo [melón (<i>Cucumis melo</i> L.)]
		Finca La Esperanza (13,32 ha). Diseño simple: integración agricultura y frutales, cerca viva perimetral sencilla; algunos tramos simples de cercas vivas internas y campos en policultivo.	Campos de frutales (mango, aguacate) con intercalamiento (tomate, frijol, melón).
	Empresa Agropecuaria La Cuba (rural)	Granja No. 3 (120 ha). Diseño simple: producción especializada en el cultivo del plátano, en campos extensos con sistema de riego soterrado.	Bloques de campos (plátano)
Majagua (Ciego de Ávila)	CCS Reynaldo Manning (rural)	Finca Placer (32,0 ha). Diseño complejo: cerca viva perimetral diversificada, superficie de la finca subdividida en unidades de manejo, delimitadas por cercas vivas internas; integración agricultura y frutales, campos en diseño polifrutal y policultivo, sistema agroforestal de café.	Campos en polifrutales [mango, aguacate, mamey, cítricos, anones, guanábana (<i>Annona muricata</i> L.), chirimoya (<i>Annona cherimola</i> Mill.), canistel (<i>Pouteria campechiana</i> Baehni), caimito (<i>Chrysophyllum cainito</i> L.), cocotero]; campos de frutales (mango, guayaba, cocotero) con intercalamiento [frutabomba (<i>Carica papaya</i> L.), pimiento (<i>Capsicum annum</i> L., tomate empalado); sistema agroforestal de café.
Sierra de Cubitas (Camagüey)	CCS Camilo Cienfuegos (rural)	Finca El Alacrán (26,84 ha). Diseño simple: cerca viva perimetral sencilla, integración agricultura y ganadería; barreras vivas antierosivas de king grass, campos diseño unicultivo, ganadería semiestabulada y en naves.	Campos (frutabomba, yuca, maíz, plátano, cocotero, mango, frijol), cría semiestabulada con pastoreo en cuartón simple (ovino, caprino) y cría en nave (aves).

[‡] Formas de Organización productiva: UBPC- Unidad Básica de Producción Cooperativa; CCS- Cooperativa de Créditos y Servicios; Empresa Agropecuaria.

^{‡‡} Zona de ubicación: periurbana (periferia de la ciudad), suburbana (alrededor de la ciudad hasta 10 km), rural, montaña

Consistió en el intercambio y recorrido con el agricultor por toda la superficie del sistema de producción para caracterizar su diseño y manejo agroecológico; así como determinar su capacidad de resiliencia, la sensibilidad de las especies productivas y la vulnerabilidad de los sistemas de cultivo y ganadería. Se hicieron, además, valoraciones colectivas en encuentros con técnicos y funcionarios del territorio.

La capacidad de resiliencia de cada sistema de producción (tabla 2) se determinó mediante IGRct, adaptado de Vázquez *et al.* (2016).

A los efectos del presente estudio, se consideró que los enfoques tecnológicos de los sistemas de producción son diferentes porque pertenecen a varios tipos de organizaciones productivas, incluyendo las del Programa de Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar del Ministerio de la Agricultura, los

Tabla 2. Componentes y variables utilizadas para determinar el IGRct en los sistemas de producción estudiados.

Componente	Variable
Capacidad de preparación ex antes (PRa). Las acciones que se realizan ante el aviso de inminencia del evento, con el propósito de prepararse y garantizar aseguramiento para la recuperación posterior.	Seguridad de infraestructura productiva y de apoyo, protección de animales productivos, poda de árboles auxiliares, acondicionamiento del sistema de drenaje, capacidad de almacenamiento de agua, disponibilidad de alimentos para los animales, cosecha de producción en proceso y acceso emergente a mercados.
Resistencia durante (RSd). Capacidad del sistema de producción para resistir-absorber los efectos físicos del evento.	Resistencia de especies productivas, sistemas de cultivo, ganadería, suelo, estructuras de vegetación auxiliar e instalaciones.
Capacidad de recuperación ex post (RCp). Capacidad del sistema de producción para recuperarse con posterioridad al evento y retornar al estado productivo y económico anterior con la mayor rapidez posible.	Aprovechamiento de la producción en proceso dañada, recuperación de cultivos y animales afectados, acceso para labores en el suelo, saneamiento de árboles auxiliares y tiempo de recuperación productiva.
Transformabilidad permanente (TRp). Capacidades existentes y cambios realizados durante los últimos tres años, para aumentar la capacidad de preparación, resistencia y recuperación ante ciclones tropicales.	Nivel de financiamiento, participación en procesos de innovación, articulación efectiva para apoyos externos, mejoras de capacidad de resistencia en sistemas de cultivo y ganadería y mejoras en la resistencia de infraestructuras productivas y de apoyo.

sistemas campesinos de la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP) y empresas estatales. Por ello, se determinó el diseño-manejo agroecológico que realizan mediante el coeficiente de diseño y manejo agroecológico (C_{dmA}), que considera caracteres propuestos por Vázquez y Martínez (2015), validados en estudios sobre la capacidad de resiliencia

de las fincas ante la sequía (Vázquez *et al.*, 2016; 2019) y ante el huracán Mathews (Vázquez *et al.*, 2016) (tabla 3).

Los componentes de la capacidad de resiliencia y del diseño-manejo se evaluaron mediante escalas específicas, que se aplicaron a las variables que se utilizaron para evaluar el estado de cada componente,

Tabla 3. Componentes y variables utilizadas para determinar el coeficiente de diseño y manejo agroecológico (C_{dmA}) de los sistemas de producción estudiados.

Componente	Variable
Matriz del paisaje agrícola (MPA)	Topografía, tipo de agricultura que predomina, factores físicos de estrés.
Matriz del sistema de producción (MSP)	Diseño de la cerca viva perimetral, subdivisión en unidades de manejo, diseño de los tramos de cercas vivas internas, integración de barreras vivas laterales en campos de cultivos agrícolas, integración de ambientes seminaturales, integración del árbol como vegetación auxiliar, superficie productiva en explotación.
Estructura de la agrobiodiversidad (EAB)	Tipos de rubros productivos (agricultura, ganadería, silvicultura, ornamentales, otros); subtipos de rubros productivos (hortalizas, raíces y tubérculos, granos, frutos menores, plátano y banano, árboles frutales, café y cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.), forestales, forrajes herbáceos, forrajes arbustivos-arbóreos, ganado mayor, ganado menor, aves, conejos, cerdos, flores, ornamentales, apicultura, otros) y especies productivas.
Manejo y conservación del suelo (MCS)	Laboreo del suelo, sistema de riego predominante, método en el manejo de arvenses, enmiendas; cultivos de cobertura o abonos verdes en el sistema de rotación, rotación de cultivos y sistema de drenaje.
Diseño de sistemas de cultivo (DSC)	Campos típicos extensos (más de 1 ha), campos típicos menores (menos de 1 ha), parcelas (campos típicos muy pequeños e irregulares), campos en bloques o franjas, mosaico de campos menores o parcelas, canteros de huertos, canteros de organopónicos, cultivos semiprotectidos en canteros o parcelas (cubierta de tela), cultivos protegidos en canteros o parcelas (casa de cultivo) y sistemas agroforestales.
Diseño de sistema de ganadería (DSG)	Diseño de potreros o cuarterones mayores de 1 ha (PCG), diseño de potreros o cuarterones menores (de 1 ha) (PCM), crías en naves (CCN) y crías en naves con jaulas (CCNJ).

cuyo valor final se determinó mediante la expresión siguiente:

$$\Sigma [V_1 + V_2 + V_3 + \dots] / NE, \text{ donde:}$$

Σ es la sumatoria de los valores obtenidos por cada una de las variables (V)

N es el número de variables y 4 el valor máximo de la escala (adaptado de Vázquez y Martínez, 2015).

El índice general de resiliencia a ciclones tropicales (IGRct) y el coeficiente de diseño y manejo agroecológico ($C_{dm}A$) de cada sistema de producción se determinaron como sigue:

$$\Sigma [C_1 + C_2 + C_3 + \dots] / N, \text{ donde:}$$

Σ es la sumatoria de los valores obtenidos por cada uno de los componentes

N es el número de componentes (adaptado de Vázquez y Martínez, 2015).

A los efectos del presente estudio, la capacidad de resiliencia del sistema de producción (CRsp) ante la exposición a ciclones tropicales se consideró, según los valores obtenidos, como A-alta (>0,8), MA-media-alta (0,6-0,79), BM-baja-media (0,4-0,59), B-baja (<0,4). En el diseño y manejo del sistema de producción (DMAsp) se consideraron tres categorías: Iniciando la transformación agroecológica (ITA) (0,20 - 0,45), en transformación agroecológica (TA) (0,46 - 0,70) y en el agroecológico en cuestión (> 0,70), adaptado de Vázquez *et al.* (2019).

Para determinar si existían tipos de sistemas de producción, de acuerdo con su capacidad de resiliencia (IGRct) y diseño-manejo agroecológico ($C_{dm}A$), se realizó un análisis de conglomerados jerárquicos, con el empleo de la distancia euclidiana, con un método de vinculación completa y también mediante el análisis de correlación lineal (StatSoft, Inc., 2011).

La sensibilidad de las especies agrícolas expuestas al huracán Irma se determinó mediante una escala elaborada en este estudio, que se basa en los síntomas que se observan en las plantas: 1) muy ligeros, apenas perceptibles; 2) algunos órganos con daños visibles, sin importancia; 3) inmediatamente se observan órganos dañados o destruidos (hojas, flores, frutos o ramas); 4) plantas destruidas. Esta escala (valor que predomina) se aplicó a campos y grupos de plantas dispersas. Se utilizó el índice de sensibilidad a ciclones tropicales, según la expresión siguiente, adaptada de Vázquez *et al.* (2019):

$$ISct = \Sigma [(1 * n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)] / 4 (N), \text{ donde:}$$

1, 2, 3, 4, son los valores de las escalas

n es el número de campos de cultivos y grupos de plantas dispersas con cada valor de la escala

N es el total de campos de cultivos y grupos de plantas dispersas

4 es el valor máximo de la escala

La vulnerabilidad se determinó para los sistemas de cultivo y de ganadería existentes en cada sistema de producción estudiado, considerando la superficie de cultivos perdida (no recuperable), con relación a la plantada o sembrada en el momento en que incidió el evento, para árboles frutales que se plantan en grupos, cantidad destruida del total existente y animales productivos, cantidad que se perdió (muertes o extraviadas) del total existente. De acuerdo a la superficie o cantidad afectada de la existente, la vulnerabilidad se agrupó en 0 %; 0,1-30 %, 31-60 % y 61-100 %.

Resultados y Discusión

Los sistemas de producción se agruparon en tres conglomerados (fig. 1), de acuerdo con la capacidad de resiliencia (IGRct) mostrada ante el huracán Irma y las características de su diseño y manejo agroecológico ($C_{dm}A$), con mayor contribución para estos agrupamientos por la capacidad de resistencia durante el evento (RSd) y de transformabilidad permanente (TRp), así como por el diseño y manejo de la matriz del sistema de producción (MSP) y la estructura de la agrobiodiversidad (EAB).

Se comprobó una relación lineal fuerte y directa (coeficiente de correlación $r=0,835$) entre la capacidad de resiliencia mostrada ante el huracán Irma (IGRct) y el diseño y manejo agroecológico de los sistemas de producción ($C_{dm}A$) estudiados (fig. 2 izquierda). A medida que aumentó el valor en el diseño y manejo agroecológico, también se incrementó la capacidad de resiliencia, con excepción del huerto El Cachón. Esta instalación, a pesar de tener un $C_{dm}A$ superior a otras, por estar muy cercana a la costa (menos de 10 m), estuvo extremadamente expuesta a las lluvias, los vientos y a la penetración del mar (fig. 2 derecha).

De los nueve sistemas de producción con menor IGRct, agrupados en el conglomerado II, cinco son fincas campesinas rurales ($C_{dm}A=0,36-0,43$), tres huertos periurbanos ($C_{dm}A=0,44-0,51$), además de una granja convencional rural ($C_{dm}A=0,35$), que resultó la de menor índice de resiliencia entre todos los sistemas estudiados. Le siguen tres sistemas del conglomerado I: una finca, un huerto periurbano y una finca rural campesina ($C_{dm}A=0,52-0,58$). Los sistemas de mayor índice de resiliencia (conglomerado III) fueron dos fincas campesinas: una rural y una suburbana ($C_{dm}A=0,73$).

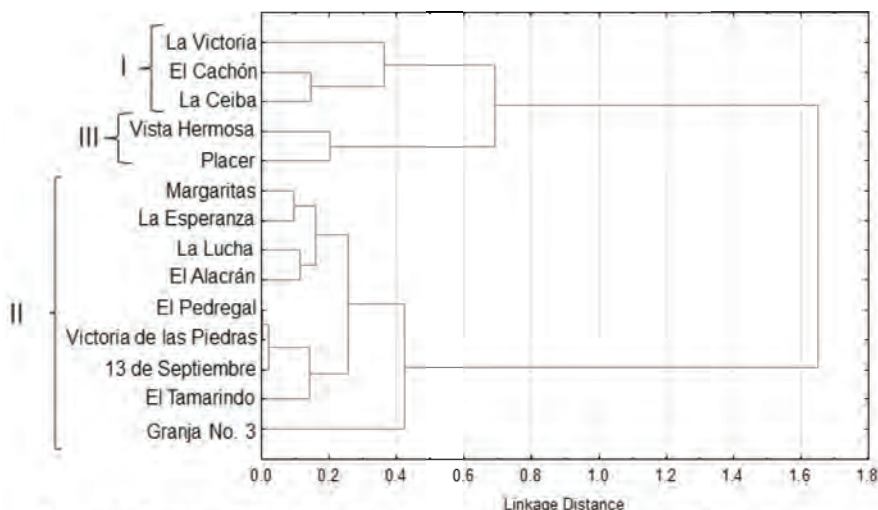


Figura 1. Dendrograma del análisis de conglomerados para agrupar los sistemas de producción, según el IGRct y el CdmA.

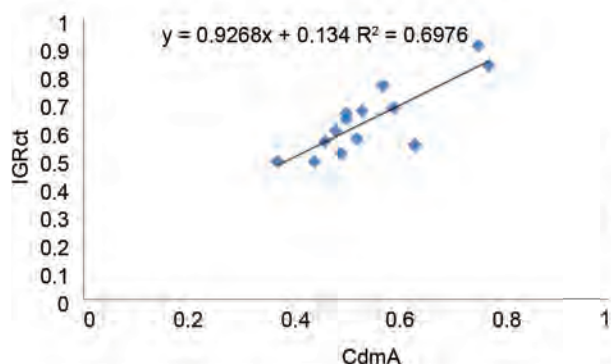


Figura 2. Coeficiente de correlación (izquierda) y coeficiente de diseño y manejo agroecológico-CdmA (triángulos blancos) e índice general de resiliencia-IGRct (cuadrados negros) ante el huracán Irma (derecha)

Un resultado similar obtuvo Vázquez *et al.* (2019) en un estudio realizado en tres fincas suburbanas próximas a La Habana, en el que se concluyó que la transición agroecológica de la producción agropecuaria hacia sistemas sostenibles es convergente con la transformación hacia sistemas resilientes a la sequía. Esta evidencia refuerza la contribución de la agroecología a la gestión del cambio climático, en lo que es fundamental considerar las funciones sociales que otorgan capacidad de transformabilidad.

Casimiro-Rodríguez *et al.* (2020) a partir de criterios tecnológicos y de eficiencia realizaron un estudio para determinar la resiliencia socioecológica de 15 fincas familiares en cinco provincias de Cuba. Estos autores informaron una resiliencia media como promedio, pues a pesar de que las fincas se

autoabastecieron de alimento, en su mayoría con buena productividad por hectárea al año y alta capacidad de cambio tecnológico, mostraron un índice de dependencia de insumos externos que influyó en los resultados desfavorables que dejaron ver varios indicadores de eficiencia.

Los sistemas de producción del conglomerado I se consideran en transformación agroecológica (tabla 4). Sin embargo, la capacidad de resiliencia fue media-alta para las fincas La Victoria y La Ceiba y baja-media para el huerto El Cachón (tabla 5). Este último es un sistema de la agricultura urbana, que tiene como factor externo limitante que colinda con una playa.

La finca La Victoria, que obtuvo una media-alta capacidad de resistencia durante ($RSd=0,75$) la recuperación postevento ($RCp=0,96$) y transformabilidad

Tabla 4. Coeficiente de diseño y manejo agroecológico de los sistemas de producción.

Sistemas de producción	MPA	MSP	EAB	MCS	DSC	DSG	C _{dm} A	DMAsp [‡]
Conglomerado I								
La Victoria	0,69	0,57	0,58	0,41	0,25	0,67	0,53	TA
El Cachón	0,63	0,54	0,58	0,56	0,58	0	0,58	TA
La Ceiba	0,69	0,25	0,58	0,41	0,66	0,50	0,52	TA
Conglomerado II								
Margaritas	0,75	0,29	0,33	0,38	0,38	0	0,43	ITA
La Esperanza	0,69	0,54	0,42	0,41	0,63	0	0,54	TA
La Lucha	0,69	0,29	0,42	0,41	0,42	0	0,45	ITA
El Alacrán	0,44	0,29	0,42	0,44	0,33	0,25	0,36	ITA
El Pedregal	0,75	0,36	0,42	0,44	0,5	0,50	0,50	TA
Victoria piedras	0,69	0,36	0,42	0,44	0,31	0	0,44	ITA
13 septiembre	0,75	0,36	0,50	0,44	0,5	0	0,51	TA
El Tamarindo	0,75	0,29	0,42	0,22	1,0	0	0,54	TA
Granja No. 3	0,69	0,25	0,25	0,28	0,25	0	0,35	-
Conglomerado III								
Vista Hermosa	0,81	0,71	0,92	0,66	0,6	0,69	0,73	A
Placer	0,75	0,71	0,75	0,53	0,88	0,75	0,73	A

MPA: matriz del paisaje agrícola, MSP: matriz del sistema de producción, EAB: Estructura de la agrobiodiversidad, MCS: manejo y conservación del suelo, DSC: diseño de sistemas de cultivo, C_{dm}A: coeficiente de diseño y manejo agroecológico, DMAsp: diseño y manejo agroecológico del sistema de producción

[‡]ITA-Iniciando la Transformación Agroecológica (0,20-0,45), TA-en Transformación Agroecológica (0,46-0,70) y A-Agroecológico (>0,70).

Tabla 5. Índice general de resiliencia de los sistemas de producción ante ciclones tropicales.

Sistemas de producción	Componentes de la resiliencia				IGRct	CRsp [‡]
	PRa	RSd	RCp	TRp		
Conglomerado I						
La Victoria	0,47	0,75	0,96	0,85	0,76	MA
El Cachón	0,38	0,45	0,70	0,65	0,55	BM
La Ceiba	0,43	0,79	0,75	0,75	0,68	MA
Conglomerado II						
Margaritas	0,43	0,65	0,50	0,65	0,56	BM
La Esperanza	0,50	0,75	0,58	0,45	0,57	BM
La Lucha	0,42	0,45	0,70	0,50	0,52	BM
El Alacrán	0,33	0,58	0,63	0,40	0,49	BM
El Pedregal	0,33	0,63	0,96	0,65	0,64	MA
Victoria Piedras	0,38	0,63	0,96	0,65	0,66	MA
Trece de septiembre	0,42	0,65	0,95	0,65	0,67	MA
El Tamarindo	0,33	0,75	0,85	0,45	0,60	MA
Granja No. 3	0,46	0,50	0,50	0,50	0,49	BM
Conglomerado III						
Vista Hermosa	0,64	0,96	1,0	1,0	0,90	A
Placer	0,53	0,85	0,95	1,0	0,83	A

PRa: capacidad de preparación, RSd: resistencia durante el ciclón, RCp: recuperación ex post, TRp: transformabilidad permanente, IGRct: índice general de resiliencia a ciclones tropicales, CRsp: capacidad de resiliencia

[‡]A-alta (>0,8), MA-media-alta (0,6-0,79), BM-baja-media (0,4-0,59), B-baja (<0,4)

permanente ($TR_p=0,85$), se caracteriza por integrar ganadería, forrajes, cultivos agrícolas y frutales. En dichas actividades no se registraron afectaciones. Su rubro principal es la leche de cabras.

De los sistemas agrupados en el conglomerado II, cuatro se encuentran iniciando la transformación agroecológica, y cuatro en transformación agroecológica. Un sistema (granja 3) se considera aún convencional (tabla 4). La capacidad de resiliencia es también diferente (tabla 5): baja-media para cuatro sistemas y media-alta para cuatro de ellos: El Pedregal, Trece de Septiembre y El Tamarindo. Los sistemas El Pedregal, Victoria de las Piedras, Trece de Septiembre y El Tamarindo, se destacaron por su alta capacidad de recuperación posterior al evento.

Los sistemas del conglomerado III se consideran agroecológicos (tabla 4), con capacidad de resiliencia alta. Se destaca en ellos la capacidad de recuperación posterior y de transformación permanente (tabla 5).

La biodiversidad agrícola, tal y como se utiliza por parte de los agricultores tradicionales, contribuye a la resiliencia por medio de varias estrategias que, a menudo, se usan combinadas: la protección y restauración de la matriz paisajística, la conservación del suelo y el agua, la diversificación de los sistemas agrícolas con policultivos, los sistemas agroforestales e integración de animales y los diversos ajustes en las prácticas de cultivo y uso de variedades criollas tolerantes al estrés (Altieri y Nicholls, 2018).

Se evidenció que la capacidad de preparación (PRa) de los sistemas de producción ante la inminencia de este evento fue relativamente similar, con valores de bajos a medios para la mayoría de los sistemas, excepto para la finca Vista Hermosa, del conglomerado III, que fue ligeramente superior (tabla 5).

La mayoría de los sistemas de producción tuvieron muy baja capacidad para prepararse ante el aviso de un evento de este tipo. Se limitaron a recoger alguna producción en proceso y proteger a los animales e instalaciones, entre otras acciones emergentes, a la espera de que incidiera el huracán, y aprovechar luego lo que no se perdió por completo. Sin embargo, aunque la energía que genera este tipo de evento es muy destructiva, se pudo comprobar que las pérdidas por producción en proceso hubiesen sido menores, si existiesen capacidades para la cosecha, comercialización y rápido procesamiento de las producciones que se pudieron recuperar, entre otras que dependen de una articulación efectiva a escala local.

A los efectos de este estudio, en coincidencia con Vázquez *et al.* (2020) la preparación se considera un componente de la resiliencia que valora los

preliminares ante el aviso de la inminencia para un territorio determinado. Esta etapa es muy importante para proteger los recursos físicos y animales y cosechar la producción en proceso que puede ser aprovechable, entre otras acciones emergentes que son propias de los sistemas de producción agropecuaria, y que se encuentran en la trayectoria de un ciclón tropical o huracán. Estas acciones se justifican por la intensidad de la combinación de vientos fuertes y lluvias intensas a la que pueden estar expuestos dichos sistemas.

La capacidad de resistir o absorber (RSd) los efectos físicos del evento fue alta para los dos sistemas de producción del conglomerado III, mientras que varios sistemas de los conglomerados I y II manifestaron resistencia media alta (tabla 5). Este resultado estuvo en correspondencia con el diseño estructural de la matriz del sistema de producción, la integración arbórea, el diseño y manejo de cercas vivas perimetrales e internas, así como la complejidad en el diseño y manejo de los sistemas de cultivo.

De los seis sistemas de producción que expresaron la mayor capacidad de resistencia durante la exposición a este evento ($RS_d > 0,7$), la finca La Victoria, que es de la agricultura periurbana, y el resto, que son fincas campesinas, tienen como características comunes que son sistemas diversificados. Estos sistemas se estructuran en varias unidades de manejo, delimitadas por cercas vivas internas, en las que se integran árboles en cercas vivas; se siembran barreras vivas laterales y se realizan diseños de policultivos.

Estas características, que se logran por el diseño y manejo, ofrecen mayor resistencia sistémica asociativa ante los efectos físicos de los vientos fuertes, expresada en caracteres con capacidades de amortiguarlos, resistirlos y desviarlos. A su vez, otorgan una estructura espacial de la vegetación, cultivada o auxiliar, que se expresa en mayor resistencia del suelo ante los efectos físicos de la lluvia y las corrientes de agua. Esto no se logra en los sistemas de producción con estructura simple, que son más vulnerables.

Los estudios citados evidencian la importancia de incrementar la diversidad de la vegetación, su complejidad y multifuncionalidad en los sistemas agrícolas, para reducir su vulnerabilidad ante los eventos climáticos extremos. Las observaciones anteriores refuerzan lo señalado por Altieri *et al.* (2015). Estos autores reconocen que la biodiversidad es esencial para mantener el funcionamiento de los ecosistemas, y apunta a las estrategias de diversificación de los cultivos, utilizadas por agricultores tradicionales, como una importante estrategia de aumento de resiliencia en los agroecosistemas.

En contraste con las propuestas convencionales, la agroecología plantea que para el diseño de una agricultura resiliente es necesario reincorporar agrobiodiversidad en las parcelas agrícolas (mezclas de variedades, policultivos, agroforestería, integración animal, entre otros), unido a prácticas de manejo orgánico del suelo, conservación y cosecha de agua, además de la restauración de los paisajes circundantes. A nivel de paisaje, la diversificación de la matriz debe ir acompañada de una serie de actividades complementarias para alcanzar los objetivos de la resiliencia socio-ecológica (Nicholls y Altieri, 2017).

La capacidad de recuperación (RCp) post evento fue mayor para las fincas campesinas tradicionales del conglomerado III, a las que siguieron los sistemas del conglomerado I. En el conglomerado II, fue mayor para los huertos de la agricultura urbana (tabla 5). Resultó determinante para la recuperación la diversificación de especies productivas, la integración agricultura-ganadería y la capacidad financiera.

La variable recuperación productiva, que significa el tiempo en que el sistema de producción logra recuperar los niveles de producción que tenía antes de la incidencia del evento, presentó los mejores valores para los sistemas integrados y diversificados (tabla 4), sea para las fincas tradicionales campesinas como para los huertos de la agricultura urbana.

Lo anterior se hizo particularmente evidente en los huertos periurbanos, que manejan hortalizas pequeñas y de ciclo corto, donde a pesar de que Irma destruyó totalmente la producción en proceso, tuvieron la capacidad de preparar rápidamente los canteros o parcelas y plantar o sembrar, para recuperar sus producciones e ingresos en varios meses.

De igual forma sucede en las fincas de agricultura campesina tradicional, que integran diversidad de especies productivas agrícolas, frutícolas y pecuarias, de manera que disponen de mayores opciones, debido a que no se perdieron todas las producciones o porque tienen la capacidad de realizar nuevas siembras rápidamente, logrando la recuperación productiva en menos de un año.

En cambio, los sistemas de producción con diseño simple, como la granja especializada en el cultivo del plátano en Ciego de Ávila, donde los vientos derribaron toda la producción en proceso, y cuya recuperación parcial se estimaba de 8 a 10 meses, lograron la recuperación productiva en la segunda cosecha (aproximadamente un año o más).

Cuarenta días después de que el huracán Ike azotó a Cuba en 2008, varios investigadores realizaron una encuesta en las fincas en las provincias Holguín y Las Tunas. Encontraron que las fincas diversificadas mostraron pérdidas de 50 % con respecto al 90 y 100 % que registraron las fincas vecinas con monocultivos. Igualmente, explotaciones manejadas agroecológicamente mostraron una recuperación más rápida de la producción (80-90 %) 40 días después del huracán, con respecto a las fincas con monocultivos (Rosset *et al.*, 2011).

La transformabilidad permanente (TRp) fue un componente que presentó valores diferentes para cada uno de los conglomerados (tabla 5), en los que influyó principalmente la capacidad de acceso a diferentes fuentes de financiamiento y la participación en procesos de innovación, con enfoque de resiliencia y articulación efectiva para apoyos externos. Las variables de este componente, que muchas veces se asocian a la capacidad de preparación y de resistencia, influyeron también en la capacidad de recuperación y, de manera general, son determinantes de la resiliencia del sistema de producción. Precisamente, los dos sistemas del conglomerado III, que obtuvieron el mayor índice de resiliencia, presentaron la mayor transformabilidad permanente (TRp= 1,0). Les siguió la finca La Victoria (TRp= 0,85), ya que parte de los ingresos de esta instalación se destinó a mejorar las capacidades; además de que participa en proyectos que facilitan innovaciones transformadoras.

Estudios realizados para determinar la resiliencia a la sequía de fincas suburbanas evidenciaron mayor contribución a la transformabilidad, debido al nivel de escolaridad de sus trabajadores, a la equidad de género y a la participación en intercambios recíprocos e innovaciones (Vázquez *et al.*, 2019).

Las especies agrícolas que estuvieron expuestas a la incidencia del huracán Irma manifestaron diferente sensibilidad a sus efectos físicos (fig. 3). Se evidenció que los cultivos con estructura herbácea, como son las hortalizas, el frijol, el maíz, los plátanos y bananos, independientemente de la variedad y edad, resultan altamente sensibles (ISct>0,9). La papaya y la yuca fueron también muy sensibles (ISct > 0,8), mientras que el boniato y el quimbombó manifestaron menor sensibilidad (ISct= 0,5-0,7). Los frutales arbóreos tuvieron diferentes niveles de sensibilidad: guanábana (ISct > 0,9), aguacatero, chirimoya (*Annona cherimola* Mill.), cocotero y ciruela (ISct= 0,5), mango y mamey (ISct entre 0,4-0,5) y naranja y guayaba (ISct= 0,25).

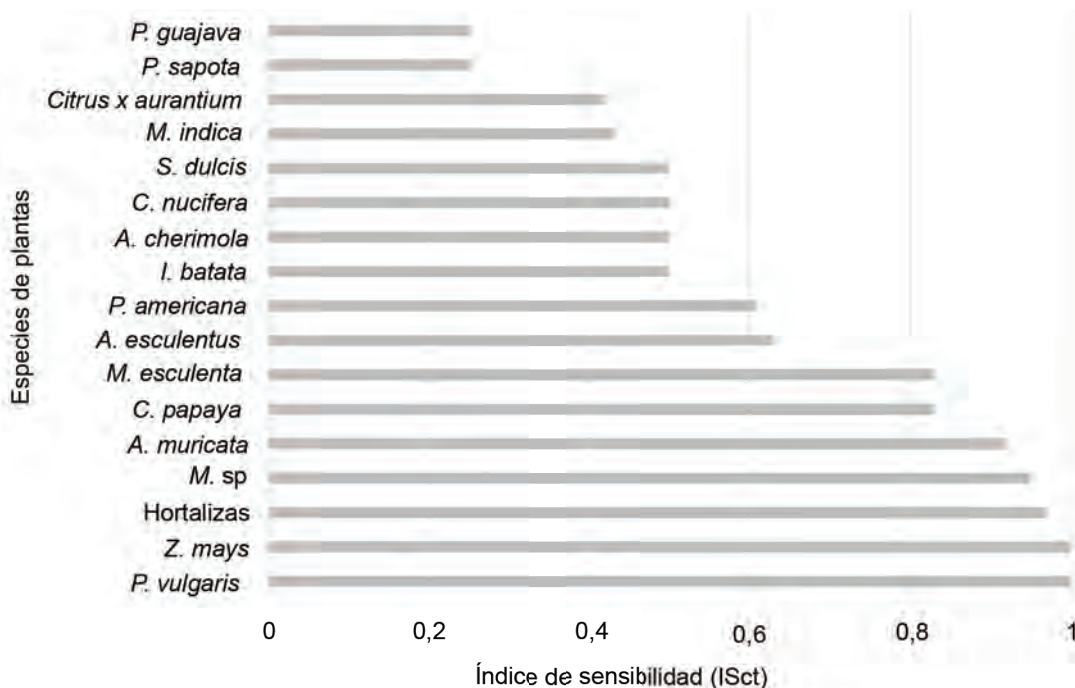


Figura 3. Sensibilidad de especies agrícolas y frutales arbóreos en sistemas de producción expuestos al huracán Irma.

La sensibilidad de las especies cultivadas mostró ciertas diferencias para los tipos de plantas en el orden siguiente: cultivos agrícolas anuales y temporales > cultivos agrícolas semipermanentes > frutales arbóreos > plantas herbáceas permanentes. Estas diferencias se relacionan directamente con varias características estructurales contrastantes: a) herbácea o leñosa, b) porte bajo a medio o alto a muy alto, c) raíz superficial o profunda, d) hojas finas y pequeñas o gruesas y grandes, e) planta con crecimiento vertical que cubre el suelo, que son caracteres que se deben considerar en el diseño y manejo de los sistemas de cultivo.

En el Caribe, diferentes productos agrícolas se afectan por los huracanes, y existe una heterogeneidad sustancial en la resistencia de los cultivos a estos eventos. Una mayor diversificación en el sector agrícola puede aumentar la resiliencia a los huracanes en la región (Mohan, 2017).

Se comprobó que la tolerancia, e incluso la resistencia de las plantas cultivadas a los efectos biofísicos de ciclones-huracanes, dependen básicamente de la consistencia de sus tejidos y estructura. También pueden variar para los diferentes tipos de sistemas de cultivo, cuyo diseño y manejo puede otorgar los siguientes caracteres funcionales: a) calidad del suelo,

b) profundidad de siembra o plantación, c) distancia de siembra o plantación, d) regulación de la altura de las plantas, e) regulación del crecimiento de las ramas, f) regulación de la estructura de la planta, g) sistema de preparación del suelo, h) acompañamiento con cultivos de diferente estructura, i) estado nutricional del cultivo, j) estado sanitario del cultivo, k) tipo de sistema de riego, l) integración de vegetación auxiliar (cobertura y barrera viva), entre otros.

La vulnerabilidad de los sistemas de cultivo y ganadería, expresada en las pérdidas agrícolas y pecuarias de cada sistema estudiado (porcentaje de la superficie o de la cantidad de la producción en proceso), resultó menor para los sistemas del conglomerado III, con 62,5 % de cultivos o crías que no se perdieron. En contraste, en el conglomerado I, 38,5 % de la producción en proceso se rescató, mientras que en el II se conservó 2,7 % (fig. 4).

En los sistemas de producción con capacidad de resiliencia se pueden presentar pérdidas de la producción en proceso, debido a tres factores, principalmente: los sistemas de cultivo no logran las funciones suficientes para resistir los efectos físicos de estos eventos; en la composición de especies y variedades que se manejan en temporada de ocurrencia de estos eventos no se integran con

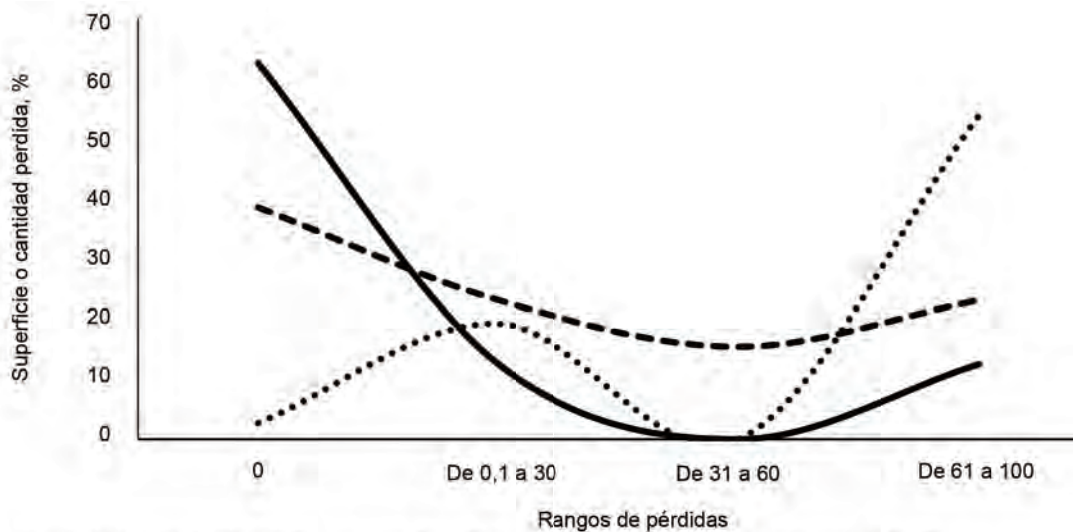


Figura 4. Vulnerabilidad de los sistemas de cultivo y ganadería para los conglomerados I, II, III.

prioridad aquellas que, en su conjunto, tienen mayor capacidad física para resistir, y el manejo agrotécnico inapropiado del cultivo, que es un factor determinante de la capacidad de resistencia.

En particular, los cultivos de plátano y banano, que son especies muy sensibles a los vientos, expresan mayor vulnerabilidad en sistemas de cultivo especializados (unicultivo) y el manejo del plantón no está bien estructurado con sucesores de diferentes edades. En cambio, cuando se emplean clones enanos y en alta densidad (cultivo semipermanente) o se intercalan en campos de frutales o sistemas agroforestales de café, expresan menor vulnerabilidad. Una situación muy similar se observó en los frutales arbóreos, cuyos sistemas con diseño en unicultivo fueron más vulnerables en comparación con los diseños en polifrutales. Los árboles, cuyo hoyo de plantación fue más profundo y la copa estuvo bien regulada, fueron menos afectados. Estas características justifican la contribución de los sistemas de cultivo mixtos y las buenas prácticas fitotécnicas a la resistencia de los sistemas de cultivo.

El uso de policultivos puede generar paisajes muy complejos, ya que reduce el riesgo de pérdida total. Los sistemas con policultivos son capaces de responder a eventos externos extremos, además de incrementar la productividad, cuando las combinaciones son las adecuadas (Córdoba-Vargas y León-Sicard, 2013).

Con respecto a las especies pecuarias, no se presentaron pérdidas porque en los sistemas

estudiados se encontraban protegidas, como parte de la preparación ante el aviso del evento. Sin embargo, se identificaron varios factores de vulnerabilidad: a) las especies que se crían en naves (porcino, aves) y jaulas (cunícola), así como las semiestabuladas (vacuno, ovino, caprino) pueden tener riesgos de enfermarse por rotura de las cubiertas en los techos, inundación de pisos o entrada lateral del agua; b) no garantizar el suministro de agua y alimento durante la incidencia del evento puede afectar sensiblemente a los animales; c) las especies que pastorean pueden tener limitaciones de alimento con posterioridad al evento, por afectaciones en árboles de cercas vivas, cuando en los potreros no existe diversidad de especies forrajeras integradas; d) la apicultura se puede afectar sensiblemente, si las colmenas no están seguras y la vegetación del área de pecoreo es muy sensible a los efectos físicos del evento.

La conservación o ampliación de la agrobiodiversidad y, en particular, de las conexiones funcionales entre las diferentes especies, favorece la autorregulación de los agroecosistemas, sus capacidades homeostáticas y la complejidad de los niveles tróficos asociados a los flujos de energía y nutrientes. La resiliencia de los agroecosistemas se beneficia de paisajes o entornos, con una matriz ambiental más compleja, pero requiere de contextos socioculturales con capacidad de reacción, movilización o acción colectiva, y adaptación ante circunstancias cambiantes, cohesión social, redes y organizaciones, sentido de pertenencia e identidad cultural (Samper, 2019).

Poco se ha hecho para incrementar la adaptabilidad de la agricultura industrial a los eventos climáticos

cambiantes y extremos, excepto las “soluciones mágicas” que se han implementado, tales como la modificación genética, con la que se espera que los cultivos mejorados rindan en ambientes estresantes. Casi no se ha trabajado en diseñar prácticas de manejo que incrementen la resiliencia de los monocultivos al cambio climático (Nicholls y Altieri, 2012).

Un estudio realizado en las laderas de América Central después del huracán Mitch en 1998, reveló que los agricultores que utilizaban prácticas de diversificación como cultivos de cobertura, sistemas intercalados y sistemas agroforestales, sufrieron menos daño que sus vecinos con monocultivos convencionales. El estudio mostró que después del huracán, las parcelas diversificadas (sostenibles) tenían 20-40 % más de capa arable de suelo, mayor humedad, menos erosión, y experimentaron menores pérdidas económicas que sus vecinos convencionales (Holt-Giménez, 2002).

Existen muchos estudios sobre los aspectos meteorológicos y físicos de estas tormentas, y solo recientemente el enorme impacto que tienen en los sistemas ecológicos se ha convertido en parte de la narrativa general. La agricultura, en particular, está muy afectada por los huracanes en la región. Las estimaciones recientes sitúan las pérdidas de exportación debidas a los huracanes entre 18 % y 80 % para datos desglosados y para agregados, respectivamente (Mohan, 2017).

Los resultados obtenidos en diferentes investigaciones justifican que los procesos de transformación agroecológica de las fincas y otros sistemas de producción agropecuaria, que se posicionan como promisorios para alcanzar capacidades de resiliencia ante eventos del cambio climático, se deben conducir a partir de un entendimiento profundo de los efectos físicos de estos eventos en los elementos del agroecosistema y el paisaje, entendidos como un socioecosistema, para identificar las funciones socioecosistémicas que se deben lograr con las prácticas agrícolas, pecuarias y forestales (diseños y manejos), la autogestión de agricultores, la articulación participativa en redes locales y la gobernanza de las políticas que la facilitan. Una actuación diferente puede conducir a la ineficiencia de estos procesos, expresada en costos y pérdidas de diferentes tipos, que constituyen el ciclo vicioso que caracteriza actualmente la mayoría de los programas de adaptación existentes.

En las últimas décadas se ha escrito mucho sobre el uso de la agricultura sostenible para mejorar la resiliencia de los servicios de los ecosistemas

al cambio climático. Sin embargo, no existen evidencias tangibles y sistemáticas de cómo la agricultura participaría en el alivio del impacto climático en las comunidades rurales vulnerables (El Chami *et al.*, 2020).

El concepto de resiliencia ganó fuerza en el discurso académico, político y de desarrollo en los últimos años, pero su conceptualización y aplicación a nivel de finca ha recibido poca atención. Por ejemplo, las recomendaciones en políticas recientes presentan la resiliencia agrícola como una solución milagrosa para hacer frente a los riesgos y la incertidumbre agrícola y para lograr sistemas agroalimentarios sostenibles. Sin embargo, la cuestión de qué determina la resiliencia agrícola en un entorno de pequeña agricultura sigue siendo confusa. Se recomiendan enfoques que aumenten el espíritu empresarial de los agricultores, apoyen a las organizaciones de agricultores y fortalezcan las relaciones entre agricultores y compradores (Kangogo *et al.*, 2020).

Conclusiones

La resiliencia se incrementa a medida que aumenta la complejidad del diseño y manejo agroecológico del sistema de producción y la estructura de la agrobiodiversidad, con mayor contribución por la capacidad de resistencia durante el evento y de transformabilidad permanente.

Los sistemas agroecológicos expresaron alta capacidad de resiliencia ante los efectos del huracán Irma, seguidos de los sistemas en transformación agroecológica, cuya capacidad fue media-alta. Los sistemas que estaban iniciando la transformación agroecológica expresaron capacidad de resiliencia baja-media, que también la obtuvo el sistema convencional, pero con el menor valor.

Las fincas de la agricultura campesina, cuyo diseño y manejo es tradicional, son más resilientes en comparación con las que, a pesar de ser originariamente campesinas, han recibido influencias de sistemas convencionales, principalmente en territorios donde predomina este tipo de agricultura.

La integración y diversificación productiva fue una de las capacidades más importantes para lograr una rápida recuperación con posterioridad a la incidencia del evento, que fue evidente en los huertos periurbanos y en las fincas de agricultura campesina tradicional, porque integran diversidad de especies agrícolas, frutícolas y pecuarias. Disponen así de mayores opciones, debido a que no se perdieron todas las producciones o porque

tuvieron la capacidad de realizar nuevas siembras rápidamente.

Las pérdidas de producción en proceso pudieran ser menores, si existiesen capacidades para su cosecha, comercialización y procesamiento, antes y después de la incidencia del evento.

Los cultivos anuales y temporales fueron muy sensibles. En cambio, resultaron menos afectados los frutales arbóreos, principalmente los polifrutales bien manejados (hoyo de plantación y copa) y las plantas herbáceas permanentes, en especial los poliforrajés que fueron más resilientes.

Agradecimientos

A los agricultores que compartieron sus experiencias, especialistas de servicios técnicos y organizaciones de la agricultura en los municipios y provincias, quienes apoyaron para el acceso a los territorios afectados y participaron en las valoraciones.

Conflicto de intereses

-

Contribución de los autores

- Luis L. Vázquez-Moreno. Elaboró y redactó el documento.

Referencias bibliográficas

- Altieri, M. A. & Nicholls, Clara I. Agroecología y cambio climático: ¿adaptación o transformación? *Revista de Ciencias Ambientales*. 52 (2):235-243, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.52-2.14>.
- Altieri, M. A.; Nicholls, Clara I.; Henao, A. & Lana, M. A. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agron. Sustain. Dev.* 35:869-890, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>.
- Benedico-Rodríguez, O. A. Resumen meteorológico en síntesis, de la influencia del Huracán de Gran Intensidad IRMA sobre la provincia Ciego de Ávila. *Revista Cubana de Meteorología*. 23 (3):378-384. <https://rcm.insmet.cu/index.php/article/view/254/294>, 2017.
- Casimiro-Rodríguez, Leidy; Casimiro-González, J. A.; Suárez-Hernández, J.; Martín-Martín, G. J.; Navarro-Boulanger, Marlen & Rodríguez-Delgado, I. Evaluación de la resiliencia socioecológica en escenarios de agricultura familiar en cinco provincias de Cuba. *Pastos y Forrajes*. 43 (4):304-315. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v43n4/pyf05420.pdf>, 2020.
- Cinner, J. E.; Adger, W. N.; Allison, E. H.; Barnes, Michele L.; Brown, Katrina; Cohen, Philippa J. *et al.* Building adaptive capacity to climate change in tropical coastal communities. *Nature Clim. Change*. 8:117-123, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0065-x>.
- CITMA. *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. La Habana: AMA. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Third%20National%20Communication.%20Cuba.pdf>, 2020.
- Córdoba-Vargas, Cindy A. & León-Sicard, T. E. Resiliencia de sistemas agrícolas ecológicos y convencionales frente a la variabilidad climática en Anolaima (Cundinamarca-Colombia). *Agroecología*. 8 (1):21-32. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/7182931>, 2013.
- El Chami, D.; Daccache, A. & El Moujabber, M. How can sustainable agriculture increase climate resilience? A systematic review. *Sustainability*. 12:3119, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12083119>.
- Frank, Jessica & Penrose Buckley, C. *Small-scale farmers and climate change. How can farmer organizations and Fairtrade build the adaptive capacity of smallholders?* London: International Institute for Environment and Development, 2012.
- González-Ramírez, C. M.; González-Jardines, P. & Hernández-Capote, J. F. Evaluación de la afectación del huracán Irma, utilizando la modelación numérica en las provincias de Artemisa y Mayabeque. *Rev. cubana Meteorol.* 23 (3):363-377. <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/253/291>, 2017.
- Holt-Giménez, E. Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. *Agr. Ecosyst. Environ.* 93 (1-3):87-105, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00006-3).
- IPCC. *El cambio climático y la tierra. Resumen para responsables de políticas Informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres*: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_es.pdf, 2020.
- Kangogo, D.; Dentoni, D. & Bijman, J. Determinants of farm resilience to climate change. The role of farmer entrepreneurship and value chain collaborations. *Sustainability*. 12 (3):868, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12030868>.
- Mohan, P. Impact of hurricanes on agriculture. Evidence from the Caribbean. *Nat. Hazards Rev.* 18 (3):04016012, 2017. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000235](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000235).
- Naciones Unidas-Cuba. *Respuesta al huracán Irma-Cuba. Reporte de Situación No. 08* La Habana: Oficina de la Coordinadora Residente, 2017. <http://www.un.org>, 2017.

- Nicholls, Clara I. & Altieri M. A. Enfrentando el cambio climático: estrategias agroecológicas para la agricultura campesina. En: Clara I. Nicholls y M. A. Altieri, eds. *Nuevos caminos para reforzar la resiliencia agroecológica al cambio climático*. Berkeley, USA: SOCLA, REDAGRES, 2017.
- Nicholls, Clara I. & Altieri, M. A. Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el siglo XXI. *Agroecología*. 6:28-37. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/160641>, 2012.
- Poveda, G.; Amador, J.; Ambrizzi, T.; Bazo, J.; E., Robelo-González.; Rubiera, J. *et al.* Tormentas y huracanes. In: J. M. Moreno, C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo-Buendía, J. A. Marengo and U. O. Spring, eds. *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países RIOCC. Informe RIOCCADAPT*. Madrid: McGraw-Hill. p. 347-389, 2020.
- Rosset, P. M.; Machín-Sosa, B.; Roque-Jaime, Adilén M. & Ávila-Lozano, Dana R. The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty. *J. Peasant Stud.* 38 (1):161-191, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/03066150.2010.538584>.
- Samper, M. Pertinencia del enfoque territorial para abordar las interacciones entre sistemas territoriales de agricultura familiar, agrobiodiversidad y cambio climático. *Revista de Ciencias Ambientales*. 53 (2):189-198. DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.53-2.11>.
- StatSoft, Inc. *STATISTICA* System reference, *Version 10*. Tulsa, USA: StatSoft Inc.: <http://www.statsoft.com/textbook/>, 2011.
- Ting, M.; Kossin, J. P.; Camargo, Suzana J. & Li, C. Past and future hurricane intensity change along the U.S. East Coast. *Sci. Rep.* 9:7795, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44252-w>.
- Vázquez, L. L.; Aymerich, Y.; Díaz, A.; Peña, A.; Cobas, R.; Álvarez, E. *et al.* *Resiliencia a sequía sobre bases agroecológicas. Sistematización de un proceso de coinnovación participativa, provincia de Guantánamo, Cuba*. Cuba: OXFAM, Gobierno Belga, CITMA, ANAP. Guantánamo, 2016.
- Vázquez, L. L.; Castellanos, A. & Leiva, V. *Transición agroecológica y resiliencia socioecológica a sequías en Cuba*. Celia Boletín Científico No. 3 2019.
- Vázquez, L. L.; Frommel, M.; Fuentes, A.; Rodríguez, Y.; Martínez, F. & Balmaseda, D. *Guía para evaluar la capacidad de autogestión de riesgos por ciclones tropicales-huracanes en unidades de sistemas alimentarios territoriales*. La Habana: CARE, OXFAM, Instituto de Suelos. Proyecto PROSAM (Producción sostenible de alimentos en los municipios). <http://researchgate.net/profile/Luis-L-Vazquez-Moreno>, 2020.
- Vázquez, L. L. & Martínez, Hortensia. Propuesta metodológica para la evaluación del proceso de reconversión agroecológica. *Agroecología*. 10 (1):33-47. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300721>, 2015.
- Wiener, Sarah S.; Álvarez-Berrios, Nora L. & Lindsey, Angela B. Opportunities and challenges for hurricane resilience on agricultural and forest land in the US, Southeast and Caribbean. *Sustainability*. 12:1364, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12041364>.