Transición agroecológica y resiliencia socioecológica a sequías en Cuba

Luis L. Vázquez
Aurelia Castellanos;
Vivian Leiva

Transición agroecológica y resiliencia socioecológica a sequías en Cuba

Luis L. Vázquez
Aurelia Castellanos;
Vivian Leiva

Celia Boletín Científico Nº3, , 2019

Transición agroecológica y resiliencia socioecológica a sequías en Cuba

RESUMEN

Con el objetivo de demostrar que los sistemas de producción agropecuaria en transición agroecológica están evidenciando mayor capacidad de resiliencia a sequías, se elaboró el presente documento, donde se valoriza un marco conceptual y metodológico basado en funciones de resistencia-absorción (R-A), recuperación (RC) y transformabilidad (TR), a partir de indicadores agroecológicos, que se aplican a tres fincas en transición agroecológica de la agricultura suburbana en la provincia de La Habana. Para determinar la vulnerabilidad a sequias de las fincas estudiadas, se construyó un Índice de Sensibilidad de Recursos Naturales (SRNs), que utiliza escalas elaboradas colectivamente para caracterizar la sensibilidad de cultivos, animales, superficie del suelo y abasto de agua, que fue aplicado por las personas que administran las fincas y compartido en taller realizado al efecto. La capacidad de resiliencia del sistema de producción de determinó mediante indicadores agroecológicos que contribuyen con funciones de resiliencia a sequía (Vázquez 2017, Vázquez *et al.,* 2016), utilizados en estudio realizado anteriormente para determinar coeficiente de diseño y manejo agroecológico de fincas en transición agroecológica (Vázquez y Martínez 2015). Para determinar el Índice General de Resiliencia a sequías (IGRs) de cada finca se utilizó la fórmula siguiente: IGRs= CR/SRNs. Donde, el numerador es la capacidad de resiliencia (CR) de la finca como sistema y en el denominador la sensibilidad de los recursos naturales (Vázquez *et al.,* 2016). La sensibilidad de recursos naturales a sequias (SRNs) resultó en el orden siguiente: La Victoria (0,68)>Media Luna (0,59)>La China (0,23), consideradas como alta, media y baja respectivamente. El índice general de resiliencia a sequias (IGRs) de las tres fincas estudiadas fue menor para la finca La Victoria (IGRs=0,66), que se puede considerar que está iniciando la transformación hacia la resiliencia; le sigue la finca Media Luna (IGRs=0.93), que está avanzando hacia un estado de resiliencia y la finca La China (IGRs=3,21) como evidencia de que tiene capacidad de resiliencia. Las tres fincas estudiadas, que están en transición agroecológica, muestran valores por encima del umbral (IGRs>0,5), evidenciándose que también se están transformando hacia capacidades de resiliencia ante este tipo de evento.

Agroecological transition and socio-ecological resilience to droughts in Cuba

ABSTRACT

With the objective of demonstrating that agricultural production systems in agroecological transition are showing greater resilience to droughts, this document was prepared, where a conceptual and methodological framework based on resistance-absorption functions (RA) is valued, recovery (RC) and transformability (TR), based on agroecological indicators, which connects to three farms in agroecological transition of suburban agriculture in the province of Havana. To determine the vulnerability of droughts of the farms studied, a Natural Resources Sensitivity Index (SRNs) was constructed, which uses scales elaborated collectively to characterize the sensitivity of crops, animals, soil surface and water supply, which was applied by the people who manage the farms and shared in a workshop held for this purpose. The resilience of the production system to be determined through agroecological indicators that have drought resistance functions (Vázquez 2017, Vázquez *et al.,* 2016), used in a study carried out previously to determine the design coefficient and agroecological management of farms in agroecological transition (Vázquez and Martínez 2015). To determine the General Drought Resilience Index (IGRs) of each farm, check the following formula: IGRs = CR / SRNs. Where, the numerator is the resilience capacity (CR) of the farm as a system and in the denominator the sensitivity of natural resources (Vázquez *et al.,* 2016). The sensitivity of natural resources to droughts (SRNs) resulted in the following order: La Victoria (0.68)> Media Luna (0.59)> La China (0.23), considered high, medium and low respectively. The general drought resilience index (IGRs) of the three farms studied was lower for the La Victoria farm (IGRs = 0.66), which may consider that the transformation towards resilience is beginning; It is followed by the Media Luna farm (IGRs = 0.93), which is moving towards a state of resilience and the La China farm (IGRs =3.21) as evidence that it has resilience. The three farms studied, which are in agroecological transition, changes in values above the threshold (IGRs> 0.5), evidencing that they are also transforming towards resilience to this type of event.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático global, explicado en gran parte por una serie de procesos antrópicos ligados al consumo y al comercio, al cambio de uso de la tierra, a la poca educación ambiental, a la falta de políticas preventivas y, en general, a los actuales modelos de desarrollo imperantes como guías rectoras de los deseos consumistas de la sociedad contemporánea, es uno de los mayores problemas ambientales a los que la humanidad debe hacer hoy frente (Cordoba-Vargas y León-Sicard 2013).

Poco se ha hecho para incrementar la adaptabilidad de la agricultura industrial a los eventos climáticos cambiantes y extremos, excepto por el foco en "soluciones mágicas" 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).

De todos los desastres naturales, las sequías son posiblemente las que tienen el mayor potencial de impacto económico y pueden afectar mayor número de personas y grandes extensiones geográficas, llegando a cubrir países enteros, con impactos directos y significativos sobre la producción alimenticia y la economía en general (Jiménez 2002).

Los territorios agrícolas expuestos a sequia manifiestan un estrés generalizado, que se expresa con mayor impacto cuando los medios de vida son más vulnerables a los efectos físicos directos ocasionados por este evento; sin embargo, la necesidad imperiosa de lograr rápidamente la adaptación ha generado incertidumbres, porque los pronósticos de ocurrencia de sequía muestran una tendencia a su incremento en magnitud y duración, aún no es suficiente la base científica para generar prácticas y acciones adaptativas, como se evidencia en las políticas que abordan el problema solamente con garantizar y optimizar el uso del agua u obtener variedades y razas tolerantes al estrés hídrico (Vázquez 2017).

Precisamente, la complejidad en la manifestación de la sequía, el estrés generalizado que ocasiona en los territorios agrícolas expuestos y la incapacidad de las tecnologías existentes para resistir sus efectos, requiere de la actuación integrada de diversos actores, a la vez que se evidencia la necesidad de cambios tecnológicos profundos. Sin embargo, la mayoría de las propuestas de la estrategia de adaptación están relacionadas con respuestas convencionales, principalmente tecnología intensiva y garantizar abasto de agua, favorecidas por créditos internacionales para lo que se nombra: enfrentamiento al cambio climático, situación que conduce al ciclo vicioso de la respuesta adaptativa convencional, que también contribuye al calentamiento global. Visto de otra forma: resolver un problema con una solución que contribuye a aumentarlo.

Esta propuesta internacional, que se ha nombrado Agricultura Climáticamente Inteligente, se enfoca en soluciones técnicas rápidas y basadas en insumos, enfatizando el uso de la ingeniería genética para desarrollar cultivos que resistan condiciones climáticas más extremas; al depender de plaguicidas químicos y fertilizantes sintéticos, estas semillas transgénicas no son una opción sostenible para la mayoría de los productores (Nicholls y Altieri 2013).

En contraste con las propuestas convencionales, la agroecología plantea que para el diseño de una agricultura resiliente, es necesario reincorporar agrobiodiversidad (mezclas de variedades, policultivos, agroforestería, integración animal, etc.) en las parcelas agrícolas, junto a prácticas de manejo orgánico de suelo, conservación y cosecha de agua, pero además restaurando 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).

El abordaje desde la resiliencia socioecosistémica con herramientas de gestión, y entendiéndola como la capacidad que tienen los sistemas de resistir una perturbación, recuperarse y auto-organizarse, puede contribuir al entendimiento de las relaciones de ser humano con la naturaleza, trabajando en la recuperación de las funciones ecosistémicas, más que en procesos de conservación (Gunderson 2000, Folke 2002).

En el presente documento se demuestra que la transición agroecológica hacia la sostenibilidad puede ser conducida para lograr funciones de resiliencia socioecológica a sequía, basando en la experiencia de tres fincas en transición agroecológica en la provincia de La Habana, que fueron estudiadas como parte de proyectos de la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), con la colaboración activa de Hortensia Martínez, Arturo R. Pérez, Juan Carlos Camacho, Libaldo Díaz y Elena Castellanos, que son los agricultores y agricultoras que manejan dichas fincas.

METODOLOGÍA UTILIZADA

Fincas estudiadas.

Se realizó un análisis de tres fincas suburbanas, pertenecientes al movimiento de Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar en la provincia de La Habana, que se encuentran en proceso de transición agroecológica y tienen como características principales las siguientes:

Finca La Victoria. Municipio Marianao. Superficie total: 24,48 hectáreas. Total de trabajadores: 14. Rubros productivos: ganado menor semi-estabulado (cabras); ganado menor en corrales (conejos); hortalizas en canteros tipo organopónicos (tomate, lechuga, acelga, rabanito, zanahoria, remolacha, col china, habichuela, pepino, cebollino, brócoli); frutales dispersos (cocotero, mamey, caimito, maracuyá, anón, tamarindo, mango, guayaba, guanábana, granada, acerola, naranja).

Finca Media Luna. Municipio Habana del Este. Superficie total: 6,5 hectáreas. Total de trabajadores: 6. Principales rubros productivos: hortalizas en canteros sobre el suelo (habichuela, lechuga, acelga, ajo de montaña, zanahoria, remolacha, tomate, quimbombó), granos en campos típicos (frijol, sorgo, maíz), frutales en campos (limón), frutales dispersos (ciruela, aguacate, guayaba, melocotón); raíces y tubérculos en campos típicos (boniato, yuca, malanga); ganado menor en corrales (cerdo, pavos, pollos, conejos).

Finca La China. Municipio La Lisa. Superficie total: 7,10 hectáreas. Total de trabajadores: 7. Principales rubros productivos: ganado mayor en potreros (vacuno, novillas,

toro de ceba, terneros, caballos, yeguas); ganado menor en corrales (cerdos, conejos, aves), ganado menor semi-estabulado (ovino-caprino, aves); aves en corrales-jaulas (gallinas, faisán, guineo, guanajo, palomas, codorniz, pavo real, patos); forrajes (King Grass OM22, Elefante Enano, Taiwán Morado), caña de Azúcar, glycine, titonia, almacigo, moringa, morera); raíces y tubérculos (Yuca, boniato, ñame); hortalizas en campos tipicos (lechuga, rábano, cebollino, remolacha, tomate, pimiento, quimbombó, habichuela, calabaza, ají cachucha, cebolla), granos en campos típicos (maíz, girasol, frijol negro, frijol colorado, garbanzo, ajonjolí, canavalia), frutales en campos (mango, guayaba); frutales dispersos (cereza, coco, carambola, limón, naranja, pera, vagá, almendra, chirimoya, anón, melocotón, aguacate, guanábana, caimito, canistel, manzana, cana fistula, dátil); plátano y banano dispersos.

Sensibilidad de recursos naturales.

La sensibilidad a la sequía se determinó para los recursos naturales recomendados por Vázquez *et al.,* (2015) como más expuestos a este evento en sistemas de producción. Se construyeron escalas cualitativas (Tabla 1), mediante la identificación colectiva de criterios extremos de sensibilidad, según percepción de los agricultores beneficiarios del proyecto “Diseño, implementación y

Tabla 1. Escalas utilizadas para valorar la sensibilidad de recursos naturales a sequía.

Recursos naturales	Especificaciones	Escalas de criterios
Cultivos	Campos de cultivos y árboles frutales aislados	1- muestran algunos síntomas, iniciales o poco perceptibles, como: follaje doblado, inicio de quemaduras y marchitez por sequía; 2- incremento de plagas (fitófagos, fitopatógenos); 3- crecimiento pobre de la planta o de frutos, afectación de los rendimientos; 4- no se recupera y puede haber muertos.
Animales	Especies de animales	1-muestran algunos síntomas (intranquilos, respiración agitada, exceso de sed); 2-incidencia organismos nocivos (parásitos y enfermedades); 3-reducen su crecimiento; 4-depauperados y muertes.
Superficie del suelo	Campos de cultivos	1-se observa sequedad en su superficie y capas inferiores; 2- se observa cambio en la coloración (menos oscuro), evidencia de la reducción del contenido de materia orgánica; 3- se observan endurecimiento de la superficie; 4-rajaduras en la superficie y pérdida de suelo.
Abasto de agua	Campos de cultivos y especies de animales	1-demanda de mayor cantidad de agua en cada riego y para beber; 2-necesidad de efectuar más riegos o aumentar frecuencia de oferta de agua a animales; 3- perdida de agua por evaporación en recipientes abiertos (tanques, bebederos, otros); 4-aumento del consumo de agua del sistema de producción.

diseminación de Sistemas Integrados de Ganadería Agroecológica en La Habana, Cuba", ejecutado por Veterinarios Sin Fronteras, Justicia Alimentaria y ACPA (Asociación Cubana de Producción Animal) en la provincia de La Habana.

Cada agricultor realizó la valoración en su finca y posteriormente compartió los resultados en una sesión de trabajo colectiva, momento que resultó muy útil para lograr coherencia y analizar resultados. Para realizar los cálculos de sensibilidad de cultivos, superficie del suelo y abasto de agua, se anotaron los campos y árboles frutales aislados que correspondían a cada criterio de la escala; para la ganadería, se anotaron las especies de animales productivos en cada criterio de la escala, considerando el síntoma que predomina. En todos los casos se empleó la formula siguiente: SRNs=Σ [(1*n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]/4 (N), donde 1, 2, 3, 4, son los valores de las escalas; n es el número de campos de cultivos, árboles de frutales aislados y especies de animales con cada criterio de la escala; N es el total de campos de cultivos, arboles de frutales aislados y especies de animales evaluados para cada tipo de recursos natural; 4 es el valor máximo de la escala. La Sensibilidad de Recursos Naturales (SRNs) se consideró muy alta cuando el valor obtenido fue por encima de 0,8; alta para valores entre 0,6-0,8; media con valores entre 0,4-0,59; baja en valores entre 0,2-0,39 y muy baja por debajo de 0,2.

Capacidad de resiliencia del sistema de producción.

Se seleccionaron indicadores agroecológicos que contribuyen con funciones de resiliencia a sequía (Vázquez 2017, Vázquez *et al.,* 2016), utilizados en un estudio realizado anteriormente para determinar coeficiente de diseño y manejo agroecológico de fincas en transición agroecológica (Vázquez y Martínez 2015). Para procesar los resultados de cada indicador se emplearon procedimientos expuestos por Vázquez (2013). Los indicadores se determinan con variables que caracterizan el diseño y manejo agroecológico, mientras que las escalas (valores de 1 a 4) y ponderaciones en las formulas, se expresan de menor a mayor contribución a los principios de la agroecología.

Estos indicadores se agruparon en componentes para determinar la resiliencia de fincas a sequías (Vázquez *et al.,* 2016): resistencia-absorción (Tabla 2), recuperación (Tabla 3) y transformabilidad (Tabla 4).

Primero se determinó la Capacidad de Resiliencia (CR) como sigue: CR= Σ [C(R-A) + C(RC) + C(TR)]/3. Dónde: R-A, RE y TR son los tres componentes de la capacidad de resiliencia.

Con este resultado se determinó el Índice General de Resiliencia a sequías (IGRs) IGRs=CR/SRNs. Donde, el numerador es la capacidad de resiliencia (CR) del sistema y en el denominador la sensibilidad de los recursos naturales (Vázquez *et al.,* 2016). A los efectos del presente estudio, valores por encima de 0,50 significa que el sistema de producción (finca) está iniciando la transformación hacia capacidades de resiliencia; valores alrededor 1,0 que está avanzando hacia un estado de resiliencia y valores por encima de 1,5 está evidenciando capacidades de resiliencia. Sistemas de producción con valor del IGRs por debajo de 0,5 se considera como umbral de resiliencia a sequias.

Tabla 2. Indicadores agroecológicos utilizados para determinar la capacidad de resistencia-absorción a sequías.

Indicadores agroecológicos	Variables, escalas y formulas
$R\text{-}A_1$. Complejidad de la matriz del paisaje	Variables y ponderación: Ecosistema donde esta insertado (E): (1) urbano>(2) rural > (3) suburbano > (4) peri-urbano> (5) montaña> (6) natural. Tipo de agricultura que predomina (TA): (1) convencional extensiva>(2)convencional pequeña y mediana escala>(3)convencional en transformación> (4) orgánica (sustitución de insumos)>(5)agroecológica>(6)permacultura Principales factores de estrés biofísico (FEB): (1) costa>(2) industrias>(3) instalaciones>(4)carreteras y autopistas > (5) espejos de agua (presas, otros). Para determinar la calidad de la matriz del paisaje donde esta insertado el sistema de producción se utiliza la expresión siguiente: $R\text{-}A_1 = \Sigma [E + TA + FEF]/17$.
$R\text{-}A_2$. Estructura de la matriz del sistema de producción	Variables: cerca viva perimetral (CVP), unidades de manejo (UM), cercas vivas internas (CVI), ambientes seminaturales (ASN), integración del árbol (IA), barreras vivas en campos de cultivos (BV). Escala de evaluación: 1-se realiza con diseño simple o convencional; 2-se realiza con cierta complejidad, pero no es un diseño agroecológico; 3-se realiza mediante diseño agroecológico; 3- (2) + se logran varias funciones en el diseño. Para determinar el indicador, se confecciona un croquis del sistema de producción, donde se enumeran los tramos y las superficies o áreas con cada variable. Formula: $R\text{-}A_2 = \Sigma [(1*n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]/4$ (N), donde 1, 2, 3, 4, son los valores de las escalas; n es el número de tramos y superficies con cada valor de la escala; N es el total de tramos y superficies y 4 es el valor máximo de las escalas.
$R\text{-}A_3$. Nivel de cobertura del suelo	Variables: cobertura artificial (CA); cultivos anuales y temporales (CAT); cobertura semiartificial (CSA); permanentes herbáceos (CPH); cultivos permanentes arbóreos (CPA); vegetación seminatural (VSN); vegetación natural (VN). Se determinan las hectáreas que están destinadas a cada uno de estos tipos de cobertura. Fórmula ponderada: $R\text{-}A_3 = [\Sigma CA\ (0,1) + CSA\ (0,2) + CAT\ (0,5) + CPH\ (0,6) + CPA\ (0,8) + VSN\ (0,9) + VN]/N$ donde N es el total de hectáreas del sistema de producción.
$R\text{-}A_4$. Manejo del suelo	Variables: (SSP) surcado según pendiente del suelo; (LC) laboreo de conservación; (RC) rotación de cultivos; (CV) cobertura viva; (CM) cobertura muerta; (PC) policultivos; (IAO) incorporación de abonos orgánicos; (IRC) incorporación de restos de cosecha; (TAE) tranques antierosivos. Escala: 1-se realiza o utiliza ocasionalmente; 2- se realiza o utiliza sistemáticamente; 3- (2) + se ha establecido desde hace tres o más años; 4- (3) + se han evidenciado resultados. Fórmula: $R\text{-}A_4 = \Sigma [SSP + LC + RC + CV + CM + PC + IAO + IRC + TAE]/36$.
$R\text{-}A_5$. Acceso y calidad del agua	Variables y escalas de evaluación: Se evalúa considerando el que predomina (ma yor valor). FA (fuentes de abasto): 1- acueducto; 2-embalses; 3-canal de riego; 4-pozo-natural. SDI (sistema de distribución interna):1-transporte recipientes; 2-canales rústicos; 3-canales artificiales; 4-conductos o tuberías. SR (sistema de riego): 1-superficial (gravedad, aniego); 2-aspersores; 3-microasperores; 4-localizado. SA (sistema de suministro a animales): 1-recipientes abiertos expuestos grandes dimensiones; 2- recipientes abiertos expuestos pequeñas dimensiones; 3- recipientes abiertos bajo techo; 4-bebederos automáticos. Formula: $R\text{-}A_5 = \Sigma [FA + SD + SR + SA]/16$

$R\text{-}A_6$. Reducción de prácticas degradativas	Variables:(PQ) plaguicidas químicos; (H) herbicidas; (FQ) fertilizantes químicos; (ECS) equipos que compactan el suelo; (IPS) implementos que invierten el prisma del suelo; (RS) riego superficial o por gravedad; (M) monocultivo o unicultivo. Escala: 1-se realiza, pero se ha reducido; 2-se realiza, pero muestra tendencia a reducirse; 3-se realiza en algunos momentos; 4-no se realiza. Fórmula: $R\text{-}A_6 = \Sigma$ [PQ + H + FQ + ECS + IPS + RS + M]/28.
$R\text{-}A_7$. Composición de la agrobiodiversidad	Variables: Piscicultura (PS); ganado estabulado (GE); cultivos herbáceos temporales y anuales (CHTA); forrajes y pastos herbáceos (FPH); raíces y tubérculos (RT); ganado mayor y menor (GMM); frutales menores herbáceos (FMH); cultivos arbustivos y arbóreos (CAA); forestales (FR); apicultura (AP). Fórmula ponderada: $R\text{-}A_7 = \Sigma$ [PS (0,1) + GE (0,2) + CHTA (0,3) + EPH (0,4) + RT (0,5) + GMM (0,6) + FMH (0,7) + CAA (0,8) + FR (0,9) + AP (1)]/N. N es el total de elementos de la biodiversidad (especies, variedades, razas) que se manejan como especies productivas.
$R\text{-}A_8$. Complejidad del diseño de los sistemas de cultivo y ganadería	Variables: Superficie del sistema de producción que se maneja con sistemas de cultivos complejos (SCC). Escala de evaluación: 1-menos 30 % superficie; 2-31-50%; 3-71-70%, 4-mas 70%. Tipos de diseños de sistemas de cultivos compuestos (TSCC). Escala de evaluación: 1-uno; 2-2; 3-3a4; 4-5 o más. Fórmula: $R\text{-}A_8 = \Sigma$ [(1*n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]/4 (N), donde: 1, 2, 3, 4, son los valores de las escalas; n es el número de variables con cada valor de la escala; N es el total de variables y 4 es el valor máximo de la escala.
	Capacidad de Resistencia-absorción a sequías (C(R-A)= Σ [$R\text{-}A_1$. + …… $R\text{-}A_8$]/8

Tabla 3. Indicadores agroecológicos utilizados para determinar la capacidad de recuperación a sequías.

Indicadores agro-ecológicos	Variables, escalas y formulas
RC_1. Estado de la infraestructura productiva	Variables: (CP) existencia y estado de la cerca perimetral; (PE) puertas de entrada al sistema de producción; (CAI) caminos de acceso interno; (SEA) sistema de extracción de agua; (SDAR) sistemas de distribución de agua riego; (SR) sistema de riego; (SDAA) sistemas de distribución de agua animales; (CI) cercados internos; (CA) campos de agricultura; (CG) corrales o cuartones de ganado mayor y menor; (JC) jaulas o corrales. Escala: 1-se dispone, pero no se encuentra en buen estado; 2-se dispone y se encuentra en buen estado; 3- (2) + no es suficiente; 4- (2) + es suficiente. Fórmula: $RC_1 = \Sigma$ [CP + PE + CAI + SEA + SDAR + SR + SDAA + CI + CA + CG + JC]/44.
RC_2. Disponibilidad de medios de producción	Variables: (MC) medios para carga; (ET) equipos de tracción; (AT) animales para tracción; (MN) maquinarias necesarias; (IN) implementos necesarios; (HN) herramientas necesarias. Escala: (1): se dispone, pero no se encuentra en buen estado; (2): se dispone y se encuentra en buen estado; (3): 2 + es suficiente hasta 50 %; (4) 2 + es suficiente más de 50 %. Fórmula: $RC_2 = \Sigma$ [MC + ET + AT + MN + IN+ HN]/24.

RC_3. Capacidades de la infraestructura de apoyo	Variables: (AA) almacenamiento de agua; (AIM) almacenamiento de insumos y materiales; (CS) conservación de semillas; (CE) conservación de equipos; (AP) almacenamiento de las producciones; (CAA) conservación de alimento animal; (MEI) área para mantenimiento de equipos e implementos; (BP) área para beneficio primario. Escala: (1): se dispone, pero no se encuentra en buen estado; (2): se dispone y se encuentra en buen estado; (3): 2 + es suficiente hasta 50 %; (4) 2 + es suficiente más de 50 %. Fórmula: RC_3= Σ [AA + AIM + CS+ CE + AP + CAA + MEI + BP]/32.
RC_4. Reducción de energía externa	Se analiza los tipos de energía que consume, sean externas (electricidad, combustible, fertilizantes, otros) o internas (trabajo humano, trabajo animal, abonos orgánicos, biodigestor, otros). Escala: 0-toda la energía que consume es externa; 1-consume energía externa de los tipos siguientes: electricidad, combustible y ferti lizantes; también puede que obtenga parte de la energía internamente; 2- consume como energía externa dos de los tipos anteriores, el resto es obtenida internamente; 3- solamente consume uno de los tipos anteriores, el resto es del propio sistema de producción; 4-toda la energía la obtiene internamente en el sistema de producción. Fórmula: RC_4=n/4. n es el valor obtenido según la escala anterior.
RC_5. Capacidad de autoabastecimiento en alimentos para trabajadores	Se listan los alimentos que normalmente se necesitan, considerando las costumbres locales. Escala: 1-solamente se logra obtener internamente hasta un 30% de la necesidad; 2-se logra obtener internamente entre 31-50 % de la necesidad; 3-se logra obtener internamente entre 51-75 % de la necesidad; 4-se obtiene internamente más del 75 % de la necesidad. Fórmula: RC_5=Σ [(1*n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]/4 (N), donde: 1, 2, 3, 4, son los valores de la escala; n es el número de alimentos con cada valor de la escala; N es el total de alimentos y 4 es el valor máximo de la escala.
RC_6. Capacidad de autoabastecimiento en alimentos para animales productivos y de labores	Se listan los alimentos que normalmente se necesitan. Escala: 1-solamente se logra obtener internamente hasta un 30% de la necesidad; 2-se logra obtener internamente entre 31-50 % de la necesidad; 3-se logra obtener internamente entre 51-75 % de la necesidad; 4-se obtiene internamente más del 75 % de la necesidad. Fórmula: RC_6=Σ [(1*n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]/4 (N), donde: 1, 2, 3, 4, son los valores de la escalas n es el número de alimentos con cada valor de la escala; N es el total de alimentos y 4 es el valor máximo de la escala.
RC_7. Capacidad de almacenamiento de alimento para animales	Se listan los alimentos. Escala: 1-hasta un 25% de la necesidad; 2-26-50% de la necesidad; 3-(2) + hasta tres meses; 4-(2) + hasta seis meses. Fórmula: RC_7= Σ [(1*n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]/4 (N), donde: 1, 2, 3, 4, son los valores de la escalas n es el número de alimentos con cada valor de la escala; N es el total de alimentos y 4 es el valor máximo de la escala.
RC_8. Capacidad de integración de bioinsumos para la nutrición de cultivos y mejora del suelo	Variables: (ED) estiércol descompuesto; (C) compost; (LC) lombricompost; (IM) inoculantes micorrizico; (ME) microorganismos eficientes; (BA) biofertilizantes artesanales. Escala: 1-los utiliza obtenidos externamente, pero en la localidad; 2-solamente obtiene internamente hasta un 30%; 3-se logra obtener internamente entre un 31-50% de la necesidad; 4-obtiene internamente más de un 50% de la necesidad. Fórmula: RC_8= Σ [(1*n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]/4 (N), donde: 1, 2, 3, 4, son los valores de la escalas n es el número de tipos de bioinsumos con cada valor de la escala; N es el total de tipos de bioinsumos y 4 es el valor máximo de la escala.

RC_9. Capacidad de integración de bioproductos para la sanidad de cultivos y animales	Variables: (PB) preparados botánicos; (BM) bioplaguicidas microbiológicos; (AE) artrópodos entomófagos; (MO) medicamentos homeopáticos; (AP) antiparasitarios botánicos. Escala: 1-se sustituye hasta el 15%; 2-se sustituye entre 16-30%; 3-se sustituye más del 30%; 4- (3) + uno o más de los tipos de insumos es obtenido en el propio sistema de producción. Fórmula: RC_9= Σ [(1*n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]/4 (N), donde: 1, 2, 3, 4, son los valores de la escalas n es el número de tipos de bioproductos con cada valor de la escala; N es el total de tipos de bioproductos y 4 es el valor máximo de la escala.
RC_{10}. Capacidad de aprovechamiento de subproductos	Variables: (TM) transformación en minindustria; (AA) alimento animal; (AO) elaboración de abonos orgánicos; (IS) incorporación al suelo; (CM) utilización como cobertura muerta; (EB) elaboración de biopreparados botánicos. Escala: 1-ocasionalmente; 2-sistematicamente; 3-(2) + establecido desde hace tres o más años; 4- (3) + se han evidenciado resultados. Formula: RC_{10}= Σ [(1*n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]/4 (N), donde: 1, 2, 3, 4, son los valores de la escalas n es el número de tipos de subproductos con cada valor de la escala; N es el total de tipos de subproductos y 4 es el valor máximo de la escala.
	Capacidad de Recuperación a sequías (C(RC)= Σ [RC_1. + …… RC_{10}]/10

Tabla 4. Indicadores agroecológicos utilizados para determinar la capacidad de transformación para la resiliencia a sequías.

Indicadores agro-ecológicos	Variables, escalas y formulas
TR_1. Nivel de escolaridad de trabajadores	Variables: (PRI) primaria incompleta; (PRC) primaria completa; (SBI) secundaria básica incompleta; (SBC) secundaria básica completa; (PUI) preuniversitario incompleto; (PUC) preuniversitario completo; (TM) técnico medio; (U) universitario. Fórmula ponderada: TR_1= [Σ PRI (0,2) + PRC (0,3) + SBI (0,4) + SBC (0,5) + PRUI (0,6) + PRUC (0,7) + TM (0,8) + UN]/N, donde se multiplica el número de trabajadores con cada grado alcanzado por el valor de ponderación, posteriormente se realiza una sumatoria y al final se divide por N, que es el total de trabajadores.
TR_2. Equidad de género	Variables: Del total de personas que trabajan en la finca, se realiza una valoración de la participación de mujeres y hombres, así como la designación de responsabilidades, para lo cual se consideran las variables siguientes: hombres obreros (HO), mujeres obreras (MO), hombres obreros y con responsabilidades en procesos productivos (HR), mujeres obreras y con responsabilidades en procesos productivos (MR), hombre administrador del sistema de producción (HA), mujer administradora del sistema de producción (MA). Se utiliza la expresión siguiente, que beneficia en la ponderación a la participación de la mujer: Fórmula ponderada: TR_2= [Σ HO (0,2) + MO (0,3) + HR (0,4) + MR (0,5) + HA (0,6) + MA (0,7)]/N, donde se multiplica el número de personas que trabajan en cada tipo de responsabilidad por el valor de ponderación, se realiza una sumatoria y el resultado se divide por N, que es el total de trabajadores.

TR_3. Capacidad de autorganización	Variables: (CC) centros de costo de actividades agrícolas y pecuarias; (CG) control de gastos; (CI) control de ingresos; (CS) control de siembras; (CAC) control de actividades culturales a cultivos; (CAA) control de actividades atención de animales; (CC) control de crías; (VF) sistemas de vales o facturas para ventas (VF). Escala: (1): se realiza, pero no de manera estable; (2) se realiza de manera estable, según frecuencia necesaria; (3): Se analizan y comparan los resultados; (4): Se considera en la gestión del año siguiente. Formula: TR_3=Σ [CC + CG + CI + CS + CAC + CAA + VF]/28.
TR_4. Beneficios para los trabajadores	Variables: condiciones de estancia (CE), acceso a servicios de salud (AS), oportunidades para la superación (OS), salario adecuado (S), distribución de beneficios (DB). Para cada una de estas variables se caracterizan los beneficios y se determina cual es el mínimo (aceptable) y óptimo (muy bueno) bajo las condiciones locales, ya que este indicador es muy contextual. Escala:1-aceptable; 2-mejorado; 3-en aumento; 4-muy bueno. Ecuación: TR_4= Σ [CE + AS + OS + S + DB]20
TR_5. Participación en intercambios recíprocos	Variables: encuentros en fincas (EF), seminarios o talleres organizados en el territorio (ST), cursos u otras actividades de capacitación que empleen métodos participativos (C), eventos técnicos en que los agricultores tengan la oportunidad de exponer sus experiencias y resultados (ET). Escala: 1-una actividad anual; 2-dos a tres; 3-(2) + participan entre el 20-40 % de los trabajadores; 4-(2) + más del 40 % de los trabajadores. Ecuación: TR_5= Σ [EF + ST + C + ET]/16.
TR_6. Percepción conductual sobre los principios de la agroecología	Variables (principios): (1) aumentar el reciclaje de biomasa, con miras a optimizar la descomposición de materia orgánica y el ciclo de nutrientes a través del tiempo; (2) proveer las condiciones de suelo más favorables para el crecimiento vegetal, en particular mediante el manejo dela materia orgánica y el mejoramiento de la actividad biológica del suelo; (3) fortalecer el sistema inmunológico de los sistemas agrícolas, mejorando la biodiversidad con funciones de regulación natural de organismos nocivos; (4) minimizar las pérdidas de energía, agua, nutrientes y recursos genéticos, mejorando la conservación y regeneración de suelos, recursos hídricos y la diversidad biológica agrícola; (5) diversificar las especies y recursos genéticos en el agroecosistema en el tiempo y el espacio a nivel de campo y paisaje; (6) aumentar las interacciones biológicas y las sinergias entre los componentes de la biodiversidad agrícola, promoviendo procesos y servicios ecológicos claves; (7) articular el sistema de producción a nivel local, para favorecer sinergias en servicios, insumos e innovaciones; (8) ofrecer diversidad de productos sanos e inocuos a la población de manera continua, para contribuir a su seguridad y soberanía alimentaria; (9) aumentar la capacidad de resiliencia a eventos extremos externos. Procedimiento: Se facilita un ejercicio con la participación de todos los trabajadores del sistema de producción, mediante el procedimiento siguiente: (a) se listan los diseños y manejos agroecológicos que se realizan; (b) se identifican los principios que son beneficiados con cada uno de los diseños y manejos; (c) se determina el porcentaje de contribución de los diseños y manejos a cada uno de los principios, según la escala siguiente: 0-muy baja (contribuyen menos del 10 % de los diseños y manejos listados); 1-baja (entre 11-25 %); 2-media (26-50 %); 3-alta (51-75%); 4-muy alta (más de 75 %); (d) se determina el nivel de apropiación de los principios de la agroecología mediante la ecuación: TR_6= Σ [(1 *n) + (2 *n) + (3 *n) + (4 *n)]/ N (4); n es el número de principios que se benefician con cada valor de la escala; N es el total de principios y 4 es el valor máximo de la escala.

TR_7. Participación en innovaciones	Variables: (TT) transferencia directa de nuevas tecnologías; (RE) realización de experimentos en el sistema de producción; (PP) participación directa en proyectos; (SR) escenario del proyecto para sistematizar resultados y experiencias con otros agricultores. Escala: 1-se ha realizado anteriormente; 2- se realiza actualmente; 3- (2) + está contribuyendo a mejoras en los resultados del sistema de producción; 4- (3) + se genera continuidad de estos procesos. Ecuación: $TR_7 = \Sigma$ [TT + RE + PP + SR]/16.
TR_8. Capacidad de gestión de financiamiento	Variables: (VM) venta al mercado; (VME) venta a mercados especiales; (VI) venta a la industria; (CSA) cobro de servicios ambientales; (PR) proyectos y programas. Escala: 1-baja; 2-media; 3- alta; 4- muy alta. Ecuación: $TR_8 = \Sigma$ [VM + VME + VI + CSA + PR]/20.
TR_9. Nivel de estabilidad productiva	Variables: (DP) la diversidad de productos que se obtiene; (FO) la frecuencia durante el año en que son ofertados; (PO) el volumen total de producción obtenida. Escala: 1- aproximadamente igual que años anteriores; 2-ligeramente superior a años anteriores (hasta 10 %); 3-superior a años anteriores (más de 10 %); 4-tendencia a incrementarse en los últimos años. Ecuación: $TR_9 = \Sigma$ [DP + FO + PO]/12.
TR_{10}. Nivel de bioseguridad	Variables: (CP) cercado perimetral; (PCA) punto de control de acceso; (DE) desinfección en entrada; (ALV) acceso limitado a vehículos (ALA) acceso limitado a crías de animales; (VPC) vigilancia de plagas en cultivos; (VPA) vigilancia de plagas en animales; (EPC) revisión en entrada de pie de crías; (EMS)revisión en entrada de material de siembra. Escala: 1-se realiza ocasionalmente o muy ligeramente; 2-se realiza adecuadamente, siguiendo normas establecidas y con alcance medio a alto; 3- (2) + se realiza rigurosamente; 4- (3) + existen registros que evidencian un sistema bajo control estricto. Ecuación: $TR_{10} = \Sigma$ [CP + PE + DE + ALV + ALC + VPC + VPA + EPC + EMS]/36.
TR_{11}. Acceso a la servicios técnicos agropecuarios	Variables: suelos (S), riego y agua (RA), sanidad vegetal (SV), veterinaria (V), agrotecnia (AT), zootecnia (ZT). Escala: 1-se accede ocasional o irregularmente; 2-se accede sistemáticamente una vez al año; 3-se accede sistemáticamente más de una vez al año; 4- (2 o 3) + el servicio logra una contribución efectiva sobre el proceso de reconversión. Ecuación: $TR_{11} = \Sigma$ [S + RA + SV + V + AT + ZT]/24.
	Capacidad de Transformación para la resiliencia a sequías (C(TR)$_=$ Σ [TR_1. + …….. TR_{10}]/11

VULNERABILIDAD A SEQUÍA

La vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad e incapacidad de un sistema para enfrentar los efectos adversos y se describeen términosdeuno(omás)criterios, como la exposición y la sensibilidad (Lampis 2013); sin embargo, la vulnerabilidad de la producción agropecuaria a las sequías es multifactorial y estos se pueden agrupan en los siguientes componentes: (a) exposición al evento, (b) estado del capital físico, (c) enfoque tecnológico, (d) sensibilidad de recursos naturales. Esto significa que la vulnerabilidad es de los sistemas, sea de cultivo, ganadería e incluso de todo el sistema de producción, no de los elementos que los integran por separado. Por esa razón los diseños y manejos que se realicen son determinantes.

Las sequías son, en realidad, el resultado de la combinación de factores meteorológicos, humanos y físicos, cuya causa inicial es la escasez de precipitaciones (sequía meteorológica), que deriva en una insuficiencia de recursos hídricos (sequía hidrológica) necesarios para abastecer la demanda existente desde el punto de vista de la agricultura (sequía agrícola); es decir, una escasez permanente y considerable de agua en una determinada región agrícola o forestal, que en gran medida limita el proceso de vida de las plantas (González 2002).

Existen eventos del cambio climático que ocurren con relativa rapidez y son catastróficos, como por ejemplo los huracanes, que obligan a prepararse ante su inminencia, resistir durante su incidencia y recuperarse rápidamente una vez que ha cesado; en cambio, el incremento de la temperatura y los períodos de sequía ocurren durante mayor tiempo y por lo general no los consideran como catástrofes; sin embargo, para los agricultores estos constituyen eventos silenciosos, cuyos efectos no siempre son percibidos, pero resultan de gran magnitud cuando se analizan los costos y efectos sobre los resultados productivos.

En Cuba la sequía de 1998 ocasionó cuantiosas pérdidas al sector agropecuario cubano y causó privaciones y tensiones severas en todo el país, fundamentalmente en su región oriental, las cuales pueden ser resumidas de la siguiente forma (Solano *et al.,* 2000): (a) El sector agrícola reportó pérdidas estimadas en 166,000 t de alimentos en las cinco provincias orientales; (b) el sector agrícola cañero perdió cerca de 8,000 ha de caña de primavera en las cinco provincias anteriores y sólo en Granma, Las Tunas y Guantánamo, las pérdidas de caña de azúcar superaron la cifra de 700,000 t.; (c) el sector ganadero reportó 25,000 animales evacuados, el suministro de agua en vehículos cisternas a más de 225,000 cabezas de ganado, las cinco provincias orientales reportaron pérdidas de 5 millones de litros de leche, numerosos pastizales incendiados y cerca de 13,000 animales muertos por desnutrición en el sector estatal durante el período enero-abril; (d) en el ramo de los seguros de bienes agropecuarios, el concepto de sequía fue el acápite de riesgo que mayor desembolso por indemnizaciones tuvo que realizar la Empresa del Seguro Estatal Nacional durante el año 1998 a sus asegurados, con un monto superior a 24,4 millones de pesos; (e) en la producción de alimentos, las pérdidas en las provincias orientales, durante el período abril-mayo-junio, estuvieron en el orden de los USD 270 millones.

El aumento de las temperaturas termina por reducir la producción de los cultivos, a la vez que provoca la proliferación de malas hierbas y plagas. Los cambios en los regímenes de lluvias aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo. Aunque algunos cultivos en ciertas regiones del mundo puedan beneficiarse, en general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria mundial (Nelson *et al.,* 2009).

Exposición.

Es el tipo y grado en que un sistema está expuesto a variaciones climáticas importantes. La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa). El Cambio climático es una importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más) (IPCC 2001).

En el quinto y último reporte especial del Panel Intergubernamental del Cambio Climático, se indica que la actividad humana es responsable de más del 50% del cambio climático actual y de los aumentos en la temperatura global de los últimos años. Se estima que el cambio en la temperatura media global para finales del siglo 21, respecto al periodo entre 1850 y 1900, será mayor a 1,5°C y cercana a 2°C, lo cual implicará que las olas de calor serán cada vez más intensas, frecuentes y de mayor duración (IPCC 2013).

La sequía es un fenómeno que se produce cuando la precipitación ha estado muy por debajo de los niveles normalmente registrados, causando serios desequilibrios hidrológicos, que afectan de manera adversa a los sistemas terrestres de producción de recursos (IPCC 2001).

Los eventos de sequía en Cuba registraron un significativo incremento de su frecuencia de ocurrencia en el período 1961-1990 con respecto al 1931-1960. Tal incremento ha mantenido su continuidad en los persistentes eventos de sequía que afectaron la mitad oriental del país desde principios de los años 90 y hasta el presente, incluyendo el gravísimo evento acaecido desde mayo del 2003 a mayo del 2005. Este comportamiento está vinculado al reforzamiento de la influencia anticiclónica sobre Cuba en los niveles medios y altos, al que se vincula una fuerte tendencia al incremento de los movimientos verticales descendentes de la atmósfera (Planos *et al.,* 2013).

En el Este de Cuba las sequías constituyen un desastre natural sufrido desde tiempos inmemoriales, pero en las regiones del Oeste y el centro de la isla solían vivir casi ajenas a esta anomalía climatológica, hasta la última que padeció el país entre 2014 y 2017, la cual fue considerada como la peor en los últimos 115 años (InsMet 2013).

La gestión de la sequía en Cuba está

justificada además porque, según Planos (2014), el clima del futuro en el país pudiera describirse como más árido y extremo, caracterizado por prolongados y frecuentes procesos de sequía y severos déficits de agua. Los paisajes secos de la zona oriental se intensificarán y avanzarán progresivamente hacia la zona occidental, produciéndose una transformación del clima tropical húmedo a subhúmedo seco, con amenazas de procesos de desertificación. Los escenarios climáticos considerados más probables para el país, expresan que para 2050 la temperatura promedio del aire puede aumentar entre 2,6 y 4,5°C y que la precipitación anual puede disminuir entre un 15 y 60%, respecto a los valores actuales.

La exposición a sequía de un sistema de producción agropecuaria no se debe valorar solamente como escasez o ausencia de lluvia, sino que inciden otras variables como la temperatura y la radiación solar, además del calor emanado por superficies calientes (suelo, hojas) y la baja humedad relativa, que en su conjunto tienen efectos combinados sobre los recursos naturales de importancia productiva, razón por la cual los diseños y manejos que se realicen en los sistemas de cultivo y ganadería deben tributar con funciones que atenúen dichos efectos.

Enfoque tecnológico.

En el momento de estudiar la vulnerabilidad de la producción agropecuaria, hay que considerar el estado en que se encuentra el sistema de producción y en esto influye notablemente el enfoque tecnológico predominante. Se ha demostrado que la agricultura convencional provoca degradación del suelo, escasez de agua y afectaciones a la biodiversidad, situación que aumenta la vulnerabilidad. Los sistemas campesinos tradicionales, por el contrario, resultan menos vulnerables, ya que poseen un diseño complejo que, entre otras cuestiones, respeta a la tierra y protege a la naturaleza (Vázquez *et al.,* 2016).

Un diagnóstico participativo realizado en diez territorios agrícolas de Cuba, pertenecientes a la región occidental, central y oriental del país, en que técnicos y agricultores locales trabajaron en grupos para valorar la vulnerabilidad a sequía de

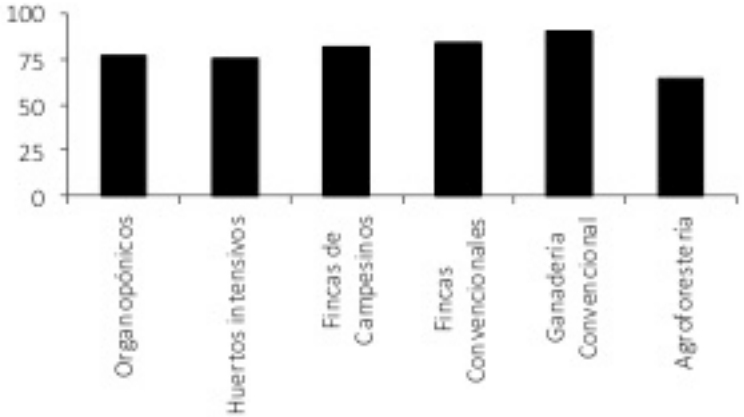

Figura 1. % de vulnerabilidad a sequía de diferentes tipos de sistemas de producción agropecuaria en Cuba.

diferentes tipos de sistemas de producción (Figura 1), determinó que esta resultó alta, por encima del 70 %, en la mayoría de los tipos de sistemas, excepto los agroforestales de café (64.6 %). De los componentes que se valoraron (suelo, cultivo en crecimiento, cultivo en cosecha, riego y control de plagas), excepto el cultivo en cosecha, los restantes mostraron la mayor sensibilidad a este evento (>60 %) (Vázquez *et al.,* 2015).

En dicho estudio se evidenció que la ganadería convencional calificó con la mayor vulnerabilidad a la sequía (90.4 %), entre los diferentes tipos de sistemas de producción evaluados en todo el país, pues efectivamente constituyen sistemas muy sensibles a las radiaciones solares y usencia de precipitaciones, incluyendo los efectos colaterales que esto provoca, no solamente sobre los pastizales, sino también a los animales, ya que estos sistemas tienen un relativamente bajo nivel de árboles intercalados y de postes vivos perimetrales, que sirvan de refugio y forraje para los animales y de retención de humedad para los pastos, entre otras funciones.

Concluyeron que esta elevada vulnerabilidad a la sequía de los diferentes tipos de sistemas de producción, constituye una evidencia de que los diseños y manejos convencionales, que aun predominan, muestran mayor sensibilidad al estar más expuestos a la incidencia de este evento; sin embargo, los sistemas agroforestales de café en las montañas, que están menos expuestos, también muestran alta vulnerabilidad, todo lo cual sugiere que aun la producción agropecuaria no está preparada para resistir este evento.

La importancia potencial del evento sequía en los territorios agrícolas, requiere de un cambio de enfoque tecnológico en los sistemas de cultivo y ganadería, así como en el rediseño de sistemas de producción y de la matriz de los paisajes agrícolas, que se base en el entendimiento de las interacciones especificas entre emisiones físicas directas y efectos bioecológicos indirectos, tanto sobre la biota productiva (plantas y animales), como en el suelo, agua, aire y la biota asociada, como base para generar nuevos diseños y manejos que logren una agricultura multifuncional, que posea los atributos de la sostenibilidad, soberanía y resiliencia (Vázquez 2017).

Existe abundante evidencia de que los diseños y prácticas agroecológicas contribuyen enormemente a incrementar la resiliencia. De hecho, muchos estudios revelan que los agricultores de pequeña escala que aplican prácticas agroecológicas manejan e incluso se preparan para el cambio climático minimizando el riesgo de una mala cosecha. Los resultados de diversas investigaciones sugieren que esas prácticas producen una mayor resistencia a los eventos climáticos al traducirse en menor vulnerabilidad y mayor sostenibilidad a largo plazo. En base a esta evidencia, diversos expertos han sugerido que el rescate de los sistemas tradicionales de manejo, en combinación con el uso de estrategias basadas en la agroecología, puede representar la única ruta viable y robusta para incrementar la productividad, sostenibilidad y resiliencia de la producción agrícola (Nicholls y Altieri 2012).

Sensibilidad de recursos naturales.

La sensibilidad a sequía de las especies de importancia productiva, sean agrícolas o pecuarias, así como el suelo y el abasto de agua, que son recursos naturales vitales para la producción agropecuaria, puede ser

evaluada mediante diferentes métodos: (a) experimentos o análisis de laboratorio, (b) experimentos de campo en áreas expuestas, (c) estadísticas locales, (d) observaciones por agricultores; incluso, combinaciones de estos métodos, entre otros. La experiencia del presente estudio evidenció que, bajo las condiciones de sistemas agrícolas expuestos a este tipo de evento y para disponer de informaciones rápidas para decisiones locales, los métodos participativos pueden ser útiles siempre que los agricultores sean actores clave.

Sobre la capacidad del agricultor o agricultora para evaluar la sensibilidad de las especies productivas a la sequía, esta depende de su experiencia y tiempo que permanece en el campo, ya que chequea y atiende (maneja) las especies productivas diariamente y durante todo su ciclo de vida, lo cual le permite conocer al detalle sus características y comportamiento, y detectar cualquier alteración visible; también para realizar estimados de producción y determinar cuándo los rendimientos no son los esperados o habituales bajo sus condiciones (Vázquez *et al.,* 2016).

Las especies productivas (plantas o animales) pueden ser sensibles a sequias en diferente magnitud. También las especies pueden ser tolerantes, que es la capacidad de soportar extremos (altas temperaturas y ausencia de lluvias), más allá de su amplitud ecológica o para producir biomasa a niveles cercanos a la potencialidad de dicha especie, aun cuando el ciclo biológico se acelere debido a la rapidez con que se alcanza la suma de temperaturas efectivas cuando está expuesta a sequía. Es decir, aunque teóricamente es posible conseguir genes resistentes a altas temperaturas y escasez de agua, desde el punto de vista biológico es un tema complejo, debido a que la temperatura y el agua son variables vitales (Vázquez *et al.,* 2016).

Como resultado, en las tres fincas estudiadas la sensibilidad de cultivos y animales fue media en la finca La Victoria, baja en la finca Media Luna, muy baja en la finca La China. La superficie del suelo fue alta para las fincas La Victoria y Media Luna y media en la finca La China. El abasto de agua durante el periodo de sequía se afectó muy alto en las fincas La Victoria y Media Luna y bajo en La China (Tabla 5).

La sensibilidad de los recursos naturales

Tabla 5. Sensibilidad de recursos naturales a sequía (SRNs) en fincas suburbanas. La Habana. 2016.

Elementos	**Sensibilidad de los elementos**		
	La Victoria	**Media Luna**	**La China**
Cultivos	0,5	0,29	0,15
Animales	0,5	0,25	0,1
Superficie del suelo	0,7	0,8	0,4
Abasto de agua	1,0	1,0	0,25
Sensibilidad de las fincas	**0,68**	**0,59**	**0,23**

en las tres fincas estudiadas fue en el orden siguiente: La Victoria (alta)>Media Luna (media)>La China (baja), resultado que se relaciona con la capacidad de los diseños agroecológicos de retener humedad, proteger el suelo y los cultivos de radiaciones solares directas en las tres fincas y la mayor capacidad de acceso al agua de la finca La China.

La sensibilidad de las especies de cultivo mostró diferentes características respecto a los síntomas que expresan las plantas expuestas (Tabla 6), aunque en ningún caso se presentaron hojas completamente secas, plantas secas o muertas, evidencia de que la tolerancia de las especies productivas, su manejo y el diseño en los tres sistemas contribuyeron a una menor afectación.

En las hortalizas y otros cultivos temporales en monocultivo, que se siembran o plantan en hileras y suelo descubierto entre estas, las radiaciones solares directas sobre las plantas, el calentamiento de la superficie del suelo y el limitado acceso al agua, que se agrava por el efecto adicional de las corrientes superficiales de aire, contribuyen a una mayor sensibilidad de las especies productivas (Figura 2).

Normalmente en estas fincas existe la tendencia a no acompañar las hortalizas de frutos (tomate, aji, col) con otro cultivo en

Tabla 6. Sensibilidad de los cultivos en desarrollo durante la incidencia de sequía en fincas suburbanas en La Habana. 2016.

Síntomas en plantas cultivadas	Especies de cultivos que mostraron estos síntomas en las fincas estudiadas
1. Síntomas leves (superficie de las hojas u otros órganos aparentemente resecos)	Cítricos, plátanos (Finca Media Luna) Maíz (Finca La China)
2. Hojas dobladas	Tomate, guayaba (Finca Media Luna)
3. Hojas con quemaduras o partes secas	Tomate, guayaba y frijol (Finca La Victoria) Plátanos (Finca Media Luna)
4. Hojas completamente secas	No ocurrió
5. Frutos con crecimiento pobre	Guayaba, guanábana, anón (Finca La Victoria) Guayaba, limón, plátano (Finca Media Luna)
6. Planta con crecimiento menor que lo normal	Tomate, ají, frijoles (Finca La Victoria)
7. Mayor incidencia de plagas por insectos o ácaros	Cítricos, ají pimiento (Finca Media Luna)
8. Mayor incidencia de enfermedades	Tomate, col (Finca La Victoria) Cítricos (Finca Media Luna)
9. Reducción del rendimiento productivo	Tomate, col, guayaba (Finca La Victoria)
10. Plantas casi secas o desmejoradas	No ocurrió
11. Plantas muertas	No ocurrió

el mismo campo, mientras que las de hoja se plantan en diseños de policultivos; sin embargo, aunque estos últimos diseños logran otras funciones positivas, como por ejemplo regulación de plagas, son muy sensibles a las sequias.

Para aumentar la resistencia del sistema de cultivo a la sequía, se requiere que el suelo este acantarado y la integración se haga con plantas que cumplan dos funciones principales: cubrir el suelo (cobertura viva) y proveer sombra (diferente porte); las primeras principalmente entre hileras y las segundas intercaladas cada cierta cantidad de hileras. Este diseño, que por lo general cumple varias funciones, resulta más complicado para realizar las siembras y labores, pero reduce los efectos físicos de las sequías y aumenta la retención de humedad en el suelo.

Los árboles frutales en los sistemas estudiados están integrados en cuatro tipos de diseños: (1) campos de monocultivo, (2) arboles aislados en cercas vivas u otros sitios, (3) arboledas mixtas y (4) campos en polifrutales. Los frutales en el primer tipo de diseño son más sensibles porque están en monocultivo, como sucedió con la guayaba en la finca La Victoria y los cítricos de Media Luna; los frutales plantados como árboles aislados, también son muy sensibles, evidenciado en las anonáceas que se plantan en cercas vivas y otros sitios; los frutales en campos mixtos y como polifrutales son los menos sensibles, porque la diversidad de especies y estructura aumenta la tolerancia a la sequía, debido a que se genera un microclima que retiene más humedad, como ocurrió en la finca La China, que posee un campo de mango donde se integran otros cultivos y dos campos de guayaba con varios frutales integrados (polifrutal).

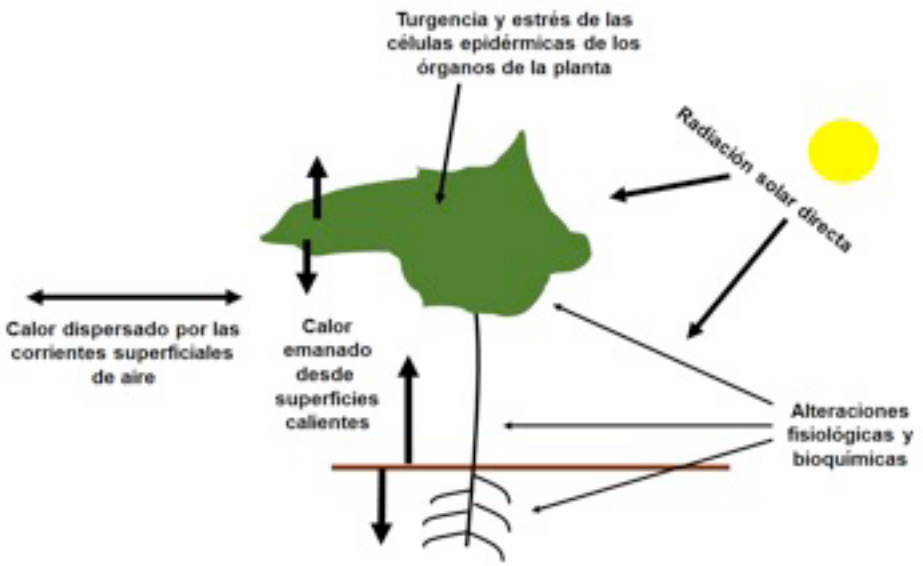

Figura 2. Efectos físicos negativos combinados de la sequía sobre las plantas cultivadas y el suelo (modificado de Vázquez 2007).

La mayor afectación por la sequía a los animales productivos existentes en las fincas ocurrió en La Victoria, en que los ovinos y caprinos tuvieron un 60% de depauperados o muertos y en la finca Media Luna un 20% de los ovinos. También la exposición a sequía produjo un 100% de aborto de cabras en gestación en la finca Media Luna y un 60% de ovinos y caprinos que murieron al nacer en la finca La Victoria. En ambos casos motivado por efecto directo del calor sobre los animales y la distancia del pastoreo, combinado por la afectación a la calidad del pasto en las áreas de pastoreo, que es muy sensible a las radiaciones solares directas, además de que los forrajes, al cortarlos y trasladarlos al área de estabulación, se secan rápidamente y pierden palatabilidad.

En el manejo de los animales que fueron más sensibles (ovinos y caprinos), se requiere una acertada combinación horaria para el pastoreo-estabulación, además de que se necesita que el área de pastoreo sea de calidad respecto al alimento (mayor diversidad, con integración de especies proteínicas) y que haya mayor bienestar para los animales (sombra, agua), como sucede en la finca La China, donde logran un manejo eficiente del horario de pastoreo y estabulación, a distancia muy corta.

En estos tres sistemas también existen animales en crías confinadas, principalmente conejos y cerdos, además de naves para la estabulación de animales, donde se integran árboles en sus alrededores, función que contribuye a una mayor tolerancia de estas especies.

La sensibilidad que se observa en el suelo de estos sistemas resulta interesante, por el hecho de que los síntomas evidentes están muy relacionados con la tecnología de cultivo: campos de cultivos temporales (hortalizas) y anuales (raíces y tubérculos) como monocultivo en hileras; campos de árboles-arbustos de frutales y forrajes con diseño simple, estructura de la copa irregular y suelo sin cobertura viva (Tabla 7).

Las fincas en transición agroecológica, cuyo diseño y manejo logra una mayor diversidad de especies, aprovechamiento

Tabla 7. Síntomas de la superficie del suelo en los campos cultivados expuestos a sequía en fincas suburbanas. La Habana. 2016.

Criterios utilizados	Suelo evaluado y sus respectiva cobertura de cultivos
1.Se observa sequedad en su superficie	Yuca, frutales, hortalizas, pastos, forraje (morera, moringa, King grass)
2.Se observa cambio en la coloración (menos oscuro), evidencia de la reducción del contenido de materia orgánica	Ninguno
3.Endurecimiento	Pastizales, frutales
4.Rajaduras en la superficie	Caña de azúcar, yuca, remolacha, canavalia, morera, moringa, King grass, titonia

de la superficie y nivel de cobertura del suelo que las convencionales, para áreas expuestas a sequias se requiere aumentar la cobertura del suelo, como: mantener tolerancia de arvenses no competitivas después del período crítico del cultivo; manejo de la vegetación auxiliar en áreas seminaturales (linderos u otras); laboreo mínimo; relevo de cultivos con estructura diferente; integración de coberturas vivas apropiadas; diseño de la sucesión y rotación de cultivos, considerando el nivel de cobertura que estos logran, según épocas del año; policultivos con especies que logren funciones de retención de humedad, combinada con protección contra radiaciones solares.

Resultó muy interesante que los campos de forrajes proteínicos (morera, moringa, titonia, king grass), que se plantan en hileras y su manejo regula la altura de las plantas en porte bajo a medio, porque son cortadas regularmente para suministrar a los animales, mantienen el suelo entre hileras con mayor exposición a las radiaciones solares, por ello en las fincas se observan síntomas de endurecimiento y rajaduras en su superficie. Esta evidencia justifica las ventajas del agrosilvopastoreo en cuartones que se rotan, donde además del pasto se integran árboles y otras plantas proteínicas, que reducen la exposición del pasto y los animales a las radiaciones solares directas, aumentan la retención de humedad y disminuyen el deterioro del forraje por manipulación, además de mejorar la calidad y diversidad de la alimentación.

Las tres fincas tienen capacidades para el almacenamiento de agua; sin embargo, en la finca La China hay dos embalses de agua que se formaron por estar colindante con una represa, por este motivo no presenta escasez de agua durante el periodo de sequía, mientras que las otras dos fincas deben racionalizarla y aun así no es suficiente (Tabla 8).

Debido a que estas fincas son básicamente de ganadería, con integración de agricultura, el agua es vital para el abasto a los animales y el riego de los cultivos, principalmente las hortalizas, viandas, granos, raíces y tubérculos, criterios que se comportaron de manera diferente de acuerdo a las características de los cultivos (Tabla 8). Estos criterios pueden ser de

Tabla 8. Comportamiento de la demanda de agua en los campos expuestos a sequía en fincas suburbanas en La Habana. 2016.

Criterios utilizados	Cultivos, animales y agua
1.Demanda de mayor cantidad de agua en cada riego, para beber y limpieza	Hortalizas, vegetales, cítricos, frutales, chivos, carneros, cerdos
2.Demanda de mayor cantidad de riegos	Hortalizas, frutales
3.Perdida de agua por evaporación en recipientes abiertos (tanques, bebederos, otros)	Embalses rústicos.
4.Aumento en el consumo de agua en el sistema de producción	Superior en comparación con otros periodos

gran utilidad en el diseño y manejo de las especies productivas, precisamente por la contribución de los arreglos espaciales y temporales en la retención de humedad en los campos cultivados.

Aunque los criterios y escalas utilizadas no permiten un mayor detalle en la valoración de la sensibilidad en la demanda de agua, resultó evidente que, en el diseño y manejo agroecológico de los sistemas de cultivo y ganadería con riesgo de exposición a sequias, es importante identificar características de las especies de plantas y de los diseños que se realicen, de manera que se aumente su capacidad de tolerar los efectos combinados de la alta temperatura-escasez de agua.

Respecto a la vulnerabilidad en la gestión del agua durante la sequía, Vázquez *et al.,* (2015) valoraron que la afectación de este recurso natural no es solamente por la mayor demanda de agua para el riego de los cultivos y el suministro a los animales; también la que se dispersa por aspersores o por riego superficial, así como la que se suministra en depósitos abiertos para los animales, que es más sensible a pérdida por efecto directo de evaporación, por lo que no toda la cantidad suministrada es utilizada por los animales ni absorbida por la planta.

Igualmente, además de utilizar practicas más eficientes en el uso del agua (riego y bebederos), se requiere que los sistemas de almacenamiento sean menos sensibles a las perdidas por evaporación, como puede ser la integración de árboles que provean sombra desde los alrededores.

CAPACIDAD DE RESISTENCIA-ABSORCIÓN

Es la capacidad de resistir-absorber los efectos físicos y prolongados de la sequía, que está determinada, de manera conjunta, por la tolerancia o capacidad adaptativa de las especies productivas, las buenas prácticas de producción, el estado de conservación de los recursos naturales, los diseños y manejos que se realizan a escala de los sistemas de cultivo, ganadería y de todo el sistema de producción. Una interpretación apropiada es que la resistencia-absorción es una capacidad del sistema, no de los elementos aislados que lo integran.

Para gestionar sistemas de producción con capacidad de resistencia-absorción ante los efectos físicos de la sequía, los diseños y manejos agroecológicos que se realicen deben contribuir con varias funciones, entre estas la retención de humedad en el suelo, cobertura del suelo, reducción de radiaciones directas de rayos solares sobre las plantas y los animales productivos, regulación del microclima, disponibilidad de agua, reducir efectos sobre las producciones durante la cosecha y post cosecha, favorecimiento de los procesos fisiológicos, la defensa natural de plantas y animales y las interacciones bióticas positivas en el agroecosistema (Vázquez 2017).

La mayoría de estas funciones se logran en sistemas de cultivo conocidos como organopónicos semiprotegidos, donde se cultivan hortalizas de hoja para la venta directa en zonas urbanas (Figura 3). La cubierta de tela y el sistema de riego mediante micro aspersores, generan una combinación de tres funciones importantes

para la resistencia a sequía: (a) retención de humedad, (b) regulación de la temperatura y (c) reducción de las radiaciones solares directas sobre los cultivos y el suelo. Estas se complementan con la facilitación de la actividad de entomófagos como resultado de la asociación e intercalamiento de especies de hortalizas y la integración de vegetación auxiliar.

En la producción agropecuaria, la resiliencia a la sequía excede el hecho de disponer de una mayor cantidad de agua para las plantas y los animales productivos; requiere lograr además un microclima que atenúe sus efectos, optimice el uso del agua y reduzca el gasto energético por evapotranspiración, todo lo cual es posible mediante el rediseño multifuncional de las fincas (Vázquez *et al*., 2016).

Para los tres sistemas estudiados en La Habana, aunque las diferencias en la capacidad de resistencia-absorción a sequias (R-As) no son altas (Tabla 9), están determinadas principalmente por la contribución de los indicadores complejidad de la matriz del paisaje, reducción de prácticas degradativas y composición de la agrobiodiversidad, con R-As mayor de 0,50; mientras que para la finca La China, cuya R-As fue mayor, la estructura de la matriz del sistema de producción y del diseño de los sistemas de cultivo y ganadería expresaron valores más altos que los restantes sistemas.

La mayor contribución para las tres fincas estudiadas, fue por los indicadores composición de la agrobiodiversidad, con los valores más altos (R-As entre 0,84-0,85) de todos los indicadores utilizados, evidenciándose que durante el proceso de transición agroecológica de estos sistemas se ha logrado mayor avance en la integración y diversificación de especies productivas, precisamente porque son sistemas con base en ganadería, que han integrado agricultura y forrajes; sin embargo, como se observa en los resultados, no es suficiente para lograr las capacidades que contribuyan a mayores funciones de resistencia-absorción a los

Figura 3. Organopónicos semiprotegidos en la agricultura urbana y suburbana en el municipio Paya, La Habana. Izquierda (150 y 21) y derecha (5ta y 44).

efectos físicos de la sequía.

Aunque los estudios científicos deben generar nuevas tecnologías adaptativas, los agricultores no esperan, sino que realizan experimentos o pruebas en sus propias fincas para evitar o solucionar los problemas que ocasiona la sequía. En la finca Media Luna realizan evaluaciones de variedades de tomate, ají, yuca y forrajes para seleccionar las que muestren mayor tolerancia a sequia bajo sus condiciones, donde han seleccionado la variedad angolana de yuca y el king grass OM22. La estrategia de los centros de investigación de entregar a los agricultores variedades y razas promisorias como tolerantes a sequía, para probarlas en las propias fincas, se muestra muy apropiada en la gestión de la resiliencia ente este evento.

En la finca La Victoria han adaptado un sistema de riego por goteo en las parcelas donde están plantados los cultivos de plátano y guayaba, como alternativa para mantener un nivel óptimo de agua y reducir el gasto durante la exposición a sequía.

En estudio realizado por Vázquez *et al.,* (2015) en territorios agrícolas de Cuba, se identificaron algunas prácticas que desarrollan los agricultores, como: regar de noche, ampliación y mejora de lagunas, construcción de embalses, abrir pozos, construir aljibes, construcción de tranques, reducir uso del riego por gravedad, adoptar sistema de riego localizado, regular tiempo de riego.

Se valoró que el manejo del agua en la agricultura expuesta a la sequía, evidencia la necesidad de abordarlo en tres dimensiones: (1) la disminución de la demanda; (2) la utilización óptima y (3) la reducción de las pérdidas durante y después de realizada la irrigación; todas estrechamente relacionadas, que dependen de las interacciones positivas

Tabla 9. Capacidad de resistencia-absorción a sequía en fincas suburbanas en La Habana. 2016.

Indicadores agroecológicos	Capacidad de R-As		
	La Victoria	Media Luna	La China
1. Complejidad de la matriz del paisaje	0,68	0,51	0,71
2. Estructura de la matriz del sistema de producción	0,25	0,54	0,79
3. Nivel de cobertura del suelo	0,63	0,48	0,48
4. Manejo del suelo	0,50	0,80	0,65
5. Acceso y calidad del agua	0,63	0,69	0,94
6. Reducción de prácticas degradativas	1,0	0,58	0,50
7. Composición de la agrobiodiversidad	0,84	0,84	0,85
8. Complejidad del diseño de los sistemas de cultivo y ganadería	0,19	0,53	0,85
R-As de las fincas	**0,59**	**0,62**	**0,72**

que se logren en el diseño y manejo del sistema de producción.

Uno de los principales diseños agroecológicos que se realizan en las fincas estudiadas es el silvopastoreo de aves de corral de razas semi-rústicas (Figura 4), que logra una alta capacidad de resistencia-absorción de este sistema a las sequías, porque además de que las razas son más tolerantes, el área de pastoreo posee un microclima fresco. Consiste en comunicar los corrales con campos de frutales cercados, facilitando que las aves se desplacen libremente debajo de los árboles, a la vez que pueden acceder al corral.

En las tres fincas estudiadas se ha estabilizado la integración cunicultura-lombricultura (Figura 5), práctica agroecológica generalizada en el país que, además de aprovechar los residuos de la alimentación y excretas de los conejos para la producción de humus de lombriz, es apropiada para periodos de sequía porque garantiza varias funciones que les confieren

Figura 4. Integración del silvopastoreo de aves en campos de frutales. De izquierda a derecha: finca Media Luna (guanajos), finca La China (pollos).

Figura 5. Sistema de cunicultura-lombricultura con capacidad para resistencia a sequía. Finca La China. 2019.

capacidad de resistencia-absorción, entre ellas las siguientes: (a) el alimento natural suministrado a los conejos (follaje y brotes tiernos de diferentes plantas) se mantiene en mejores condiciones cuando la nave de cunicultura tiene un diseño que facilita la circulación de aire fresco (árboles en alrededores, prolongación lateral del techo y lados con regulación para la circulación del aire); (b) la cría de lombrices debajo de los conejos aumenta la humedad relativa en la nave de crías, contribuyendo a una temperatura más fresca para los conejos; (c) la cría de lombrices esta menos expuesta a las altas temperaturas; (d) bajo estas condiciones, la persona que maneja este sistema está menos estresada por el calor durante el mantenimiento de las crías.

En la finca Media Luna, que está ubicada muy cerca de la costa norte, donde la sequía se combina con corrientes de aire que reducen la humedad en el cultivo y el suelo, realizan cultivo intensivo de hortalizas sin utilizar agroquímicos y logran una mayor eficiencia en el uso del agua, combinando varias funciones: (a) cantero levantado (huerto chino), con abono orgánico incorporado que mejora la estructura del suelo; (b) sistema de riego localizado por goteo, que optimiza el uso del agua; (c) cercas vivas diversificadas, con manejo de alta densidad de árboles y arbustos, para amortiguar corrientes de aire y contribuir a la retención de humedad (Figura 6).

Estos ejemplos: silvopastoreo de aves, integración cunicultura-lombricultura y sistema para optimizar el uso del agua (Figuras 4, 5, 6), son característicos de las fincas agroecológicas suburbanas, donde se propician prácticas (diseños y manejos) que contribuyen a un máximo aprovechamiento de recursos.

Como sistemas en transición agroecológica, la matriz de estos se ha estructurado en subsistemas o unidades de manejo, delimitados por cercas vivas internas, cuyo diseño definen la estructura del sistema de producción, evidenciándose una menor capacidad de resistencia-absorción para las finca La Victoria (R-As= 0,25) y Media Luna (R-As=0,54), en comparación con La China

Figura 6. Diseño de cultivo intensivo de hortalizas con funciones que aumentan la eficiencia en el uso del agua.

(0,79); esta última finca, además de estar estructurada en mayor número de unidades de manejo, el diseño de los sistemas de cultivo es más complejo, como se sintetiza a continuación.

Finca La Victoria, con cuatro subsistemas:

- Producir alimento animal proteínico. Dos campos en unicultivo permanente de morera (siembra en hileras).
- Pastoreo de animales. Potreros acuartonados (con pasto sin árboles, excepto cercas vivas internas recién plantadas).
- Producción de hortalizas de hoja y frutos en sistemas de organopónicos. Cultivos temporales de porte bajo (diseño intercalados).
- Área de instalaciones, crías de conejos y semiestabulación-ordeño de cabras. Árboles frutales y otros dispersos entre las instalaciones.

Finca Media Luna, con cuatro subsistemas:

- Campo de frutales. Plantado en unicultivo.
- Campo para hortalizas de hoja y frutos. Plantado en canteros sobre el suelo (diseño intercalado)
- Campo para cultivos anuales. De bajo porte en hileras (diseño convencional).
- Área para cría de animales en jaulas. Algunos árboles integrados.

Finca La China, con siete subsistemas:

- Campo para cultivos anuales (diseño intercalados).
- Campo de polifrutales (mango, guayaba). Integrados café y hortalizas de hoja.
- Campo de polifrutales (guayaba y cítricos), pastoreo de aves.
- Campos de cultivos anuales en monocultivo
- Campos de forrajes energéticos plantados en bloques continuos
- Área para crías de animales en jaulas y corrales. Árboles frutales y otros intercalados.
- Potrero de pasto natural. Sin arboles integrados.

En los tres sistemas se evidencia una relación inversa entre resistencia-absorción del diseño y manejo agroecológico y la sensibilidad de los recursos naturales: a mayor capacidad de resistencia-absorción, menor sensibilidad de los recursos naturales, con diferencias marcadas para la finca La China, que obtuvo los mayores valores de resistencia-absorción y los menores de sensibilidad.

Las funciones del componente resistencia-absorción están relacionadas con las capacidades de las especies productivas (cultivos y ganadería), suelo, agua, prácticas agrícolas, cosechas y otros, para resistir o tolerar con la menor afectación posible, los efectos físicos y prolongados de la sequía. Esta capacidad depende mucho de la complejidad y multifuncionalidad que se logre con el diseño y manejo de la biodiversidad en el sistema de producción y del manejo tecnológico de las especies productivas (Vázquez 2017).

Estos sistemas de producción suburbanos, que se consideran están en transición agroecológica, evidencian varias funciones de resiliencia-absorción en valores que se pueden considerar relativamente medios a altos (R-As=0,6); sin embargo, como se mostró antes, entre ellos existen diferencias. Es evidente que la transición agroecológica se logra mediante procesos de cambios o transformaciones, que van

sucediendo en el sistema de producción; sin embargo, para lograr capacidad de resistencia-absorción ante los efectos físicos de la sequía, se requiere prestar atención a todas las funciones que contribuyen.

La determinación de la capacidad de resistencia-absorción a las sequias (R-As) utilizando indicadores agroecológicos, además de expresar la capacidad existente, permite valorar integralmente la transición agroecológica y la resiliencia ante las sequías de los sistemas de producción, demostrándose que la agroecología constituye una ciencia apropiada para la gestión del cambio climático en la producción agropecuaria.

El gran reto para aumentar capacidad de resistencia-absorción es la diversificación de especies productivas en sistemas integrados de ganadería, agricultura y forestería, combinada con diseños agroecológicos para aumentar complejidad en la matriz estructural; sin embargo, se requiere además considerar los caracteres funcionales que aportan las especies, variedades y razas productivas, así como los diseños que se realicen en los sistemas de cultivo, ganadería y de todo el sistema de producción, incluyendo las estructuras de vegetación auxiliar (cercas vivas, barreras vivas, otras).

Resulta común en las tres fincas la habilidad existente para integrar estructuras de vegetación auxiliar, que cumplen diferentes funciones, entre ellas para la resistencia-absorción a sequías (Tabla 10), cuyos diseños son diversos e integran árboles, arbustos y plantas de porte bajo (herbáceas y leñosas).

Particularmente en el manejo de los animales, la integración del árbol es una práctica agroecológica habitual, con diseños diversos, principalmente para mejorar el microclima en las instalaciones para cría y semiestabulación (Figura 7), así como en los senderos por donde se desplazan los ovinos y caprinos entre el área de pastoreo y estabulación; sin embargo, aun los potreros o cuartones donde estos pastorean no logran una apropiada integración del árbol

Tabla 10. Funciones de resistencia-absorción de las estructuras de vegetación auxiliar diseñadas en las fincas.

Funciones de resiliencia a sequía	Estructuras de vegetación auxiliar				
	CVP	CVI	AII	AM	BVL
Atenuación de corrientes superficiales de aire caliente en el sistema de producción	+	+	+	+	+
Regulación del microclima en el sistema de producción	+	+	+	+	+
Retención de humedad en el sistema de producción	+	+			+
Retención de humedad en el sistema de cultivo					+
Regulación del microclima en instalaciones de cría y semi estabulación de animales			+		

Estructuras: Cercas vivas perimetrales (CVP); cercas vivas internas (CVI); arboles integrados a instalaciones (AII); arboleda mixta (AM); barreras vivas laterales a campos (BVL).

con funciones de sombreado, aunque en la finca La Victoria han comenzado a establecerlos y en Media Luna pastorean en un campo de frutales.

Esto refuerzan las potencialidades de la biodiversidad funcional (Díaz y Cabido 2001; Tilman 2001), dados sus estrechos vínculos con los procesos ecológicos, para establecer relaciones causales entre las características de los organismos presentes y los procesos y servicios de los ecosistemas (Hooper *et al.*, 2005 y Díaz *et al.*, 2005), justificándose que el conjunto total de caracteres funcionales, así como su abundancia en una comunidad, es uno de los principales determinantes del funcionamiento de los ecosistemas (Chapin *et al.,* 2000).

En una evaluación realizada en diez territorios agrícolas de Cuba durante los años 2009-2011, se introdujo el concepto de funciones de resiliencia, como base para identificar practicas adaptativas (diseño y manejo) a sequía innovadas por los agricultores, resultado que contribuye a reenfocar la resiliencia a la sequía considerando la relación prácticas-funciones (Vázquez *et al*., 2015).

CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN

Cuando se inicia la sequía también comienza la recuperación, que se extiende más allá de dicho período; es decir, el sistema de producción expuesto a este evento, que puede extenderse durante varios meses, tiene que estar recuperándose constantemente, principalmente de la disminución de los rendimientos de las especies productivas, o su depauperación o muerte, debido a efectos del estrés hídrico que ocasiona este evento, con la consecuente reducción de los ingresos y capacidad financiera del sistema e incluso, la persona que lo maneja y su familia.

La recuperación a la sequía exige capacidades que deben estar disponibles durante la incidencia del evento; en

Figura 7. Integración de estructuras arbóreas para la regulación del microclima en instalaciones de cría y semiestabulación de animales. Izquierda: finca Media Luna (cría de porcinos); derecha: finca La China (semiestabulación de ovinos).

contraste con los ciclones-huracanes, en que las capacidades de recuperación son más importantes con posterioridad a su incidencia. Es una capacidad que está muy relacionada con el estado de los medios de vida o dotación de capitales (natural, físico, humano, social y financiero) del sistema de producción (Vázquez 2017).

En los sistemas estudiados en La Habana existen diferencias marcadas en los indicadores agroecológicos que contribuyen con funciones de recuperación (Tabla 11), con capacidad de RCs en el orden siguiente: La China (0,72)>Media Luna (0,42)>La Victoria (0,27).

La disponibilidad de medios de producción, las capacidades en infraestructuras de apoyo, en autoabastecimiento de alimentos para personas, animales y de integración de bioinsumos, se muestran como indicadores agroecológicos con funciones determinantes en la recuperación.

Las fincas estudiadas evidencian que están transitando en la capacidad de autoabastecimiento de alimentos para animales (Tabla 12), aunque no tienen la misma necesidad; sin embargo, en la finca La China, que demanda mayor diversidad de alimentos porque integra más especies de animales, obtiene internamente más del 75% de la necesidad en 11 de los 13 tipos de alimentos que necesita, capacidad que es determinante durante la exposición a

Tabla 11. Capacidad de recuperación a sequías en fincas suburbanas en La Habana. 2016.

Indicadores agroecológicos	Capacidad de RCs		
	La Victoria	Media Luna	La China
1. Estado de la infraestructura productiva	0,64	0,27	0,84
2. Disponibilidad de medios de producción	0,33	0,16	0,86
3. Capacidades de la infraestructura de apoyo	0,03	0,03	0,75
4. Reducción de energía externa	0	0	0,30
5. Capacidad de autoabastecimiento en alimentos para trabajadores	0,25	0,59	0,80
6. Capacidad de autoabastecimiento en alimentos para animales	0,45	0,69	0,92
7. Capacidad de almacenamiento de alimento para animales productivos y de labores	0	0,42	0,50
8. Capacidad de integración de bioinsumos para la nutrición de cultivos y mejora del suelo	0,81	0,70	0,70
9. Capacidad de integración de bioproductos para la sanidad de cultivos y animales	0	0,75	0,95
10. Capacidad de aprovechamiento de subproductos	0,21	0,63	0,58
RCs de las fincas	**0,27**	**0.42**	**0,72**

sequía.

Las fincas en transición agroecológica, además de integrar la tracción animal, reducen el consumo de alimentos externos para los animales (piensos, concentrados), porque aumentan la capacidad de obtenerlos internamente, que en algunos casos requiere la trituración de forrajes energéticos y proteínicos o la cocción de productos agrícolas.

La integración de energía renovable, además de reducir el consumo de energía externa, cuya obtención contribuye al calentamiento global, aumenta la autosuficiencia energética del sistema de producción, porque durante la exposición a la sequía se incrementa la demanda para la elaboración y conservación de alimentos, suministro de agua para riego y animales, laboreo del suelo, entre otras. En las tres fincas estudiadas integran la tracción animal; mientras que, en La China utilizan molinos de viento para extraer agua de pozos y han construido un biodigestor que se alimenta de excretas de la producción porcina (Figura 8), cuyos gases van a ser utilizados para la cocción de alimentos para los animales y el sobrenadante se utiliza como abono orgánico una vez descompuesto.

Como se evidencia, varios indicadores agroecológicos con funciones de resistencia-absorción, también son decisivos para la recuperación y viceversa, precisamente porque la exposición a un período de sequía requiere de la actuación combinada para resistir y recuperarse continuamente. Particularmente la agrobiodiversidad es fundamental, principalmente cuando en el sistema se integran diversidad de especies productivas que pertenecen a diferentes subtipos de rubros (hortalizas, raíces y tubérculos, granos, ganado menor, animales de corral, otros), porque su sensibilidad es diferente y estos, de conjunto, además de otorgar mayor capacidad de resistencia-absorción, también contribuyen a disponer

Tabla 12. Capacidad de autoabastecimiento en alimentos para animales productivos y de labores en las fincas estudiadas.

Escala de capacidades	**Cantidad de tipos de alimentos**		
	La Victoria	**Media Luna**	**La China**
No tiene capacidad para obtenerlo internamente	1	0	0
Solamente se logra obtener internamente hasta un 30% de la necesidad	1	1	
Logra obtener internamente entre 31-50 % de la necesidad	2	1	2
Logra obtener internamente entre 51-75 % de la necesidad			
Obtiene internamente más del 75 % de la necesidad	1	2	11
Total de alimentos que necesita	5	4	13
Capacidad de autoabastecimiento en alimentos para animales	**0,45**	**0,69**	**0,92**

Figura 8. Biodigestor de la finca La China. De izquierda a derecha: cochiquera, conducto de salida-colecta de residuos y biodigestor.

de mayores alternativas para lograr una recuperación productiva y económica más rápida.

CAPACIDAD DE TRANSFORMACIÓN

La transformabilidad permanente del sistema de producción para lograr capacidades de resiliencia, es un proceso muy similar a la transición agroecológica y está muy influenciado por las políticas públicas y la percepción de adaptabilidad que haya adquirido la sociedad. Se necesita una comprensión profunda del peligro que representa el cambio climático y de la necesidad de realizar transformaciones para que la producción de alimentos sea menos afectada.

Las funciones del componente transformabilidad se justifican porque la adaptación a la sequía debe gestionarse como un proceso continuo, que no se limite solamente a prepararse antes de la inminencia de un evento extremo o reaccionar ante sus efectos, sino que paulatinamente se deben realizar acciones para mejorar la capacidad de resistencia y de recuperación. Depende principalmente del capital humano, físico, financiero y natural del sistema de producción; sin embargo, la contribución del capital social (administración pública local, diferentes instituciones, entidades del sector privado y organizaciones de diferentes tipos) es fundamental en la transición hacia sistemas resilientes (Vázquez 2017).

La capacidad de transformarse de los tres sistemas estudiados fue mayor para la finca La China (TRs=0,79), seguida de Media Luna (TRs=0,61) y La Victoria TRs=(0,51), con una mayor contribución por el nivel de escolaridad de los trabajadores, equidad de género y participaciones en intercambios recíprocos e innovaciones (Tabla 13).

Varios indicadores agroecológicos que marcaron diferencias entre las fincas estudiadas, como la participación en intercambios recíprocos, percepción sobre los principios de la agroecología, participación en innovaciones y acceso a servicios técnicos agropecuarios, están relacionados con la articulación local, evidenciándose que la capacidad de transformarse se adquiere y consolida a través de la interacción externa de las personas que manejan los sistemas, sea porque se adquieren nuevos

conocimientos, se consolidan otros o por los efectos resultantes del intercambio de experiencias.

La capacidad de transformabilidad se puede considerar como la de mayor importancia en la gestión de la sequía, porque implica cambios en el diseño y manejo del sistema de producción, aspecto generalmente poco abordado en la agricultura convencional; sin embargo, en el presente estudio se comprobó que, en las fincas estudiadas, han realizado cambios en la medida que han participado sistemáticamente en actividades donde se abordan los principios de la agroecología, a través de intercambios o ejercicios participativos, porque se esclarecen e interpretan que la agroecología es más que las conocidas prácticas agroecológicas.

Evidentemente la transición agroecológica y la transformación para adquirir capacidades de resiliencia ante el cambio climático, estrategias que convergen hacia la sostenibilidad, son contenidos relativamente poco abordados en las investigaciones y no suficientemente incluidos en los proyectos de desarrollo, porque predomina la sustitución de insumos, la conservación y mejoramiento del suelo y la diversificación de los sistemas, entre otros que se limitan a las tecnologías; sin embargo, el enfoque contextual y transdisciplinario de las innovaciones agroecológicas, se muestra como apropiado para abordar el rediseño de los sistemas, porque facilita la integración de conocimientos tradicionales, experiencias y debate colectivo.

Tabla 13. Capacidad de transformación para la resiliencia a sequias en fincas suburbanas en La Habana. 2016.

Indicadores agroecológicos	Capacidad de TRs		
	La Victoria	Media Luna	La China
1. Nivel de escolaridad de trabajadores	0,74	0,81	0,84
2. Equidad de género	1,0	1,0	1,0
3. Capacidad de autorganización	0,20	0,60	0,55
4. Beneficios para los trabajadores	0,80	0,30	0,80
5. Participación en intercambios recíprocos	0,50	0,81	0,94
6. Percepción sobre los principios de la agroecología	0,64	0,44	0,96
7. Participación en innovaciones	0,56	0,90	0,75
8. Capacidad de gestión de financiamiento	0,29	0,40	0,58
9. Nivel de estabilidad productiva	0,33	0,75	0,75
10. Nivel de bioseguridad	0,42	0,25	0,72
11. Acceso a la servicios técnicos agropecuarios	0,14	0,57	0,75
TRs de las fincas	**0,51**	**0,62**	**0,79**

RESILIENCIA SOCIOECOLÓGICA

El tema de la resiliencia a la sequía no es exclusivo de las personas que trabajan la meteorología o la agronomía, sino que es tangencial a diversas disciplinas y, por tanto, requiere de un análisis integral. Debemos resaltar que, si se mira parcialmente desde cualquiera de las disciplinas implicadas, pudiera conducir a evaluaciones y soluciones limitadas (Vázquez *et al.,* 2016).

La resiliencia ha tenido dos abordajes en la ecología. El primero, centrado en la recuperación del sistema y el tiempo de retorno después de una perturbación, y el segundo, centrado en la cantidad de perturbaciones que un sistema puede asimilar sin cambiar su función (Miller *et al.,* 2010). En los últimos años la resiliencia ha ampliado su espectro a los socio-ecosistemas, enfatizando en tres elementos fundamentales: la persistencia, la adaptabilidad y la transformabilidad (Gotts 2007). Esta ampliación del concepto de resiliencia ha traído dentro de su ámbito el papel de las instituciones, el capital social, el liderazgo y el aprendizaje (Calvente 2007).

Como expresaran Nicholls y Altieri (2013), las estrategias agroecológicas que aumentan la resiliencia ecológica de los sistemas agrícolas son esenciales, pero no suficientes para alcanzar la sostenibilidad; la resiliencia social, definida como la capacidad de grupos o comunidades a adaptarse frente a elementos extremos causa de estrés, sean sociales, políticos o ambientales, debe ir de la mano con la resiliencia ecológica.

Durante un estudio realizado en la provincia de Guantánamo, Cuba, para aumentar la resiliencia a sequía en sistemas de agricultura campesina expuestos a este evento (Vázquez *et al.,* 2016), se desarrolló un marco teórico–metodológico para determinar capacidad de resiliencia de fincas, mediante los componentes vulnerabilidad y adaptabilidad. El primero considera la exposición y sensibilidad al evento, mientras que el segundo componente integra las capacidades creadas para la resistencia, recuperación y transformabilidad, que es el marco metodológico que se utilizó en el presente estudio.

La capacidad de resiliencia (CR), expresadas en los componentes resistencia-absorción, recuperación y transformabilidad, de las tres fincas estudiadas es inversa a la sensibilidad de los recursos naturales (SRNs) de importancia productiva (cultivos, animales, suelo, abasto de agua); es decir, en la medida que aumentan las capacidades de resiliencia, disminuye la sensibilidad (Figura 9), que en estas fincas en transición agroecológica significa que los diseños y manejos son determinantes para que los recursos naturales sean menos afectados.

Como se observa, las fincas en su conjunto muestran promedios similares (CR=0,64) en capacidades de resistencia-absorción y transformabilidad y más bajos (CR=0,47) de recuperación, siendo este un componente que necesita ser reforzado en la transición agroecológica.

Los sistemas en transición agroecológica prestan mayor atención al diseño y manejo del capital natural (suelo, biodiversidad); sin embargo, para lograr capacidad de resiliencia a sequía, deben fortalecerse en autorganización, infraestructuras, medios de producción, capacidades de

autoabastecimiento y almacenamiento en insumos, entre otras del capital físico y humano del sistema. De esta manera se demuestra que todos los activos de capitales son importantes para la capacidad de resiliencia ante la sequía, precisamente por ser un evento que ocurre con cierta sistematicidad, generalmente de larga duración y con tendencia a generalizarse, demostrándose que los esfuerzos en transformabilidad requieren la creación de diversas capacidades en dichos sistemas.

En las fincas estudiadas, la menor capacidad de resiliencia a sequía fue para la finca La Victoria (IGRs=0,66), que se puede considerar que está iniciando la transformación hacia capacidades de resiliencia; le sigue la finca Media Luna (IGRs=0.93), que está avanzando hacia un estado de resiliencia y la finca La China (IGRs=3,21) como evidencia de capacidades de resiliencia. Las tres fincas están por encima del umbral de resiliencia a sequía (IGRs>0,5), evidenciando que los sistemas de producción en transición agroecológica también se transforman hacia la resiliencia.

Lograr la resiliencia de fincas a la sequía requiere la actuación integrada de diversos actores. No se trata solo de los efectos físicos que la sequía ocasiona a las especies productivas (agricultura, ganadería, forestería) y a los recursos naturales (suelo, agua, biodiversidad, aire, clima), sino de los costos económicos y energéticos que trae aparejados. Esas variables pueden generar cambios drásticos en la producción agropecuaria local o el abandono de las tierras, entre otros efectos negativos.

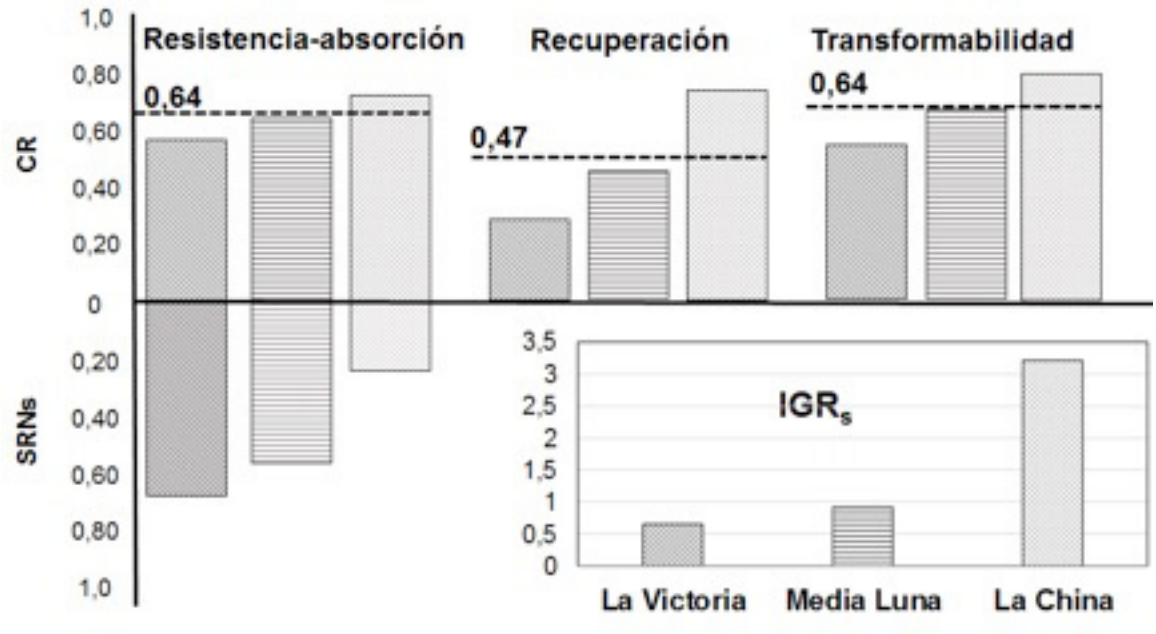

Figura 9. Síntesis de los resultados del estudio de la capacidad de resiliencia (CR) de los componentes, sensibilidad de recursos naturales (SRN) e índice general de resiliencia (IGRs) a sequia de fincas suburbanas en La Habana. 2016.

La gestión del cambio climático es compleja, porque involucra a toda la sociedad; es contextual, porque existen diferencias entre regiones, localidades, sistemas de producción; es multilateral, porque es tarea de diversos tipos de entidades en un territorio, razón por la cual se está adoptando como estrategia la resiliencia, que implica la mitigación y la adaptación de manera sinérgica, para resistir los efectos de dichos eventos y recuperarse con mayor rapidez, eficacia y sostenibilidad.

La adaptabilidad de la producción agropecuaria ante el cambio climático, que se está reforzando con la estrategia de resiliencia socioecosistémica, puede ser lograda en la medida que se integren varios ejes transversales: (a) el estado de la dotación de activos de capitales; (b) las multifunciones que se logren con el diseño y manejo de la biodiversidad y (c) la apropiación contextual de la innovación participativa transdisciplinaria.

Las diferencias de vulnerabilidad a sequías entre fincas que aún se manejan con el enfoque convencional, respecto a las agroecológicas, radica en que en estas últimas existe mayor diversidad de cultivos y vegetación en general, el suelo está más protegido, por lo que la demanda y pérdida de agua es menor, a lo cual también contribuye que logran una mayor retención de humedad y regulan un microclima más húmedo y fresco, aspectos que deben ser considerados en la adaptación a la sequía (Vázquez *et al.,* 2015).

Las tres fincas estudiadas evidencian que están en transición agroecológica, porque exhiben diferente percepción conductual sobre los principios de la agroecología (Tabla 14), donde la mayoría de las practicas que realizan tienen una contribución entre media (26-50%) y alta (51-75%), excepto en la finca La China, que muestra una contribución del 96,4% al principio 9 (aumentar la capacidad de resiliencia a eventos extremos externos, cambio climático u otros).

Los sistemas de producción agropecuaria en transición agroecológica, están evidenciando mayor capacidad de resiliencia a sequías; a su vez, los sistemas convencionales expuestos a este evento, adoptan la agroecología para reducir su vulnerabilidad. De esta forma, la agroecología se refuerza como una propuesta científica y metodológica para la transformación desde sistemas vulnerables

Tabla 14. Percepción conductual sobre los principios de la agroecología (ver Tabla 4) a los cuales tributan las prácticas (diseños y manejos) agroecológicas que se realizan en las fincas estudiadas.

Fincas	Cantidad de prácticas	Prácticas (%) que tributan a los principios								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
La Victoria	14	50	71,4	71,4	57,1	57,1	73,3	14,3	28,6	64,3
Media Luna	23	13,4	26,2	52,2	61	13,4	47,9	8,6	13,4	69,6
La China	28	17,9	53,6	64,3	75	35,7	64,3	17,9	32,1	96,4

a resilientes, precisamente porque los diseños y manejos agroecológicos contribuyen con funciones de resiliencia.

CONCLUSIONES

Durante el proceso de transición agroecológica hacia sistemas sostenibles, los sistemas de producción con peligro de exposición a sequías, deben considerar las funciones de resistencia-absorción y de recuperación que se logren con las practicas (diseños y manejos) agroecológicas que se realicen.

La transición agroecológica de la producción agropecuaria hacia sistemas sostenibles, es convergente con la transformación hacia sistemas resilientes a sequías, evidencia que refuerza la contribución de la agroecología a la gestión del cambio climático, en lo cual es fundamental considerar las funciones sociales que otorgan capacidad de transformabilidad.

La participación de los agricultores en el proceso de transición agroecológica y la creación de capacidades en estos para entender los principios de la agroecología y las funciones de resiliencia que se deben lograr con los diseños y manejos agroecológicos a sequías, se muestra como la principal herramienta para la autogestión de sistemas expuestos a estos eventos.

BIBLIOGRAFÍA

Calvente A. 2007. Resiliencia: un concepto clave para la sustentabilidad. Reporte, Universidad Abierta Interamericana, Buenos Aires.

Companioni N, Rodríguez-Nodals A, Sardiñas J. 2016. Agricultura urbana, suburbana y familiar. En: F. Funes y L. L. Vázquez. Avances de la Agroecología en Cuba. Ed. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. p.233-246.

Cordoba-Vargas CA, León-Sicard TE. 2013. Resiliencia de sistemas agrícolas ecológicos y convencionales frente a la variabilidad climática en Anolaima (Cundinamarca - Colombia). Agroecología 8 (1): 21-32.

Chambers R, Conway GR. 1992. Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st Century. Sussex, UK, IDS University os Sussex. Díaz, S. and M. Cabido (2001). Vive la différénce: plant functional diversity matters to ecosystem functioning. Trends Ecol. Evol. 16: 646-655

Chapin III, F. S.; E.S. Zavaleta; V. T. Eviner; R. L. Naylor y P. M. Vitousek. 2000. Consequences of changing biodiversity, Nature 405:234-242.

Donovan J, Stoian D. 2012. 5 capitales. Una herramienta para evaluar los impactos del desarrollo de cadenas de valor sobre la pobreza. Boletín Técnico 55. CATIE, Costa Rica.

Folke C. 2002. Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. A Journal of the Human Environment, 31 (5): 437-440.

González H. 2002. Reducción de la vulnerabilidad ante fenómenos meteorológicos extraordinarios. Consultado el 14 noviembre 2002: http// www. protecciónciv il.net/PDF/riesgos-naturales 3.pdf.

Gotts NM. 2007. Resilience, panarchy, and world-systems analysis. Ecology and Society 12 (1): 24.

Gunderson LH. 2000. Ecological Resilience-In Theory and Application. Annual Review of Ecology and Systematics 31:425-439.

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.

Insmet. 2013. Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. L Habana. 428p.

IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.G. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, y C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 881 págs

IPCC. 2013. Summary for Policymakers. In: Climate Change: The Physical Science Basis. Recuperado el 23 de 09 de 2014.

http://www.climatechange2013.org/images/report/ WG1AR5_SPM_FINAL.pdf

Jiménez F. 2002. Apuntes de clase del Curso Manejo de Desastres Naturales. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 283 p.

Lampis A. 2013. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. En: Cuadernos de Geografía, Revista Colombiana de Geografía 22 (2): 17-33.

Miller F. 2010. Resilience and Vulnerability: Complementary or Conflicting Concepts?. Ecology and Society 15 (3): 11.

Nelson GC, Rosegrant MW, Koo J, Robertson R, Sulser T, Zhu T, Ringler C,. Msangi S, Palazzo A, Batka M, Magalhaes M, Valmonte-Santos R, Ewing M, Lee D. 2009. Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation. Food Policy Report 21. Washington, D.C.. International Food Policy Research Institute (IFPRI). http://www.ifpri.org/publication/climate-change-1

Nicholls, CI, MA Altieri. 2012. Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el siglo XXI. Agroecología 6: 28-37.

Nicholls CI, Altieri MA. 2013. Agroecología y cambio climático: metodologías para evaluar la resiliencia socio-ecológica en comunidades rurales. Red Iberoamericana de Agroecología para el desarrollo de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático (REDAGRES). Gama Grafica, Lima, Peru.91 p.

Nicholls CI, Altieri MA. 2017. Enfrentando el cambio climático: estrategias agroecológicas para la agricultura campesina. En: CI Nicholls y MA Altieri Nuevos caminos para reforzar la resiliencia agroecológica al cambio climático. Berkeley, California. pp. 4-11.

Planos, EO. 2014. Síntesis informativa sobre impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. Edit. Proyecto Basal, La Habana. 26p.

Planos EO, Rivero R, Guevara V. 2013. Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. Instituto de meteorología (InsMet). La Habana. 428p.

Solano O, Vázquez R, Pérez E. 2000. Evaluación de las sequías agrícolas de 1998 y 1999 en Cuba. En: Actas de la Reunión de Expertos de las Asociaciones Regionales III y IV Sobre Fenómenos Meteorológicos Adversos, Caracas, Venezuela, 12–14 de julio de 1999, pp 21–29.

Stiling P.1999. Ecology; theories and applications, 3rd ed. Prentice Hall. New Jersey.

Tilman D. 2001. Functional diversity. In: Encyclopedia of Biodiversity. R. Levin (Ed.), pp. 109–120. Academic Press, San Diego, CA.

Vázquez LL. 2007. Contribución de la sequía a los desastres fitosanitarios causados por insectos y recomendaciones para mitigar sus impactos. Portal del Medioambiente: Agricultura (documentos). 10 págs. 30 de octubre de 2007. http:www.portaldelmedioambiente.com

Vázquez LL. 2017. Funciones de resiliencia: Base para la gestión

agroecológica de sistemas de producción agropecuaria expuestos a sequía. En: CI Nicholls y MA Altieri Nuevos caminos para reforzar la resiliencia agroecológica al cambio climático. Berkeley, California. pp. 12-17.

Vázquez LL, Alfonso J, Matienzo Y, Elizondo AI, González D, González RC, Joya AE, Subit D, Consuegra E, de León DA, Martínez JR, Diéguez MC, Pérez A, Aranda S, Ríos M. 2015. Vulnerabilidad a la sequía y prácticas adaptativas innovadoras en territorios agrícolas de Cuba. En: Agricultura Orgánica 21 (3): 26-34

Vázquez LL, Martínez H. 2015. Propuesta metodológica para la evaluación del proceso de reconversión agroecológica. Agroecología 10 (1): 33-47.

Vázquez, L. L.; Y. Aymerich; A. Díaz; A. Peña; R. Cobas; E. Álvarez; L. Rodríguez; C. L. García; J. A. Gómez; Y. Peña; E. Constante; Y. Savón; D. Wilson; N. Fonseca; J. M. Pérez; C. Fernández; R. Hernández; M. Rodríguez. 2016. Resiliencia a sequia sobre bases agroecológicas. Sistematización de un proceso de coinnovación participativa. Provincia de Guantánamo, Cuba. Ed. OXFAM, Gobierno Belga, CITMA, ANAP. Guantánamo. 143p.

Luis L. Vázquez: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF);
Aurelia Castellanos y Vivian Leiva : Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) La Habana.

Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología
SOCLA