

INTEGRACIÓN AGROECOLÓGICA Y SOBERANÍA ENERGÉTICA

Fernando R. Funes-Monzote

Finca Marta, Artemisa, Cuba. Email: mgahonam@enet.cu

Resumen

La estrategia cubana de sustitución de químicos por biológicos en los últimos 25 años, ha generado conocimiento sobre sistemas agrícolas sustentables con agricultores innovadores e investigadores. Las líneas para integrar el manejo de agroecosistemas son: diversificación genética y tecnológica, integración ganadería/agricultura y autosuficiencia alimentaria de animales y humanos, combinadas en sistemas diversificados, integrados y autosuficientes, de adaptación local, resilientes y sostenibles. Un sistema sostenible debe alcanzar autosuficiencia al menor costo posible, eficiencia energética, mínimo impacto ambiental y máxima satisfacción de las necesidades humanas. Se presentan resultados de productividad y eficiencia energética de dos sistemas integrados (pequeña y mediana escala) con alta productividad y eficiencia a partir de un sistema diversificado integrado con base agroecológica. Muchas investigaciones fueron realizadas en Cuba durante los noventa e inicios del presente siglo, sobre sistemas de alimentación no convencional de especies animales y sistemas integrados suelo-pasto-animal. Un reciente estudio internacional formuló preguntas para definir políticas agrícolas globales de investigación y práctica agrícola, similares a los sistemas integrados para la producción de alimentos y energía, realizados en el proyecto Biomasa-Cuba sobre sistemas integrados sustentables alimentos/energía para la producción agropecuaria, que caracterizan distintos tipos de fincas en función de su conversión (fuerte integración alimentos/energía, en vías de integración y estadios iniciales). Si estos sistemas integrados fueran adoptados gradualmente sobre tres millones de hectáreas—mitad de la tierra cultivada en Cuba—, se podrían satisfacer todas las necesidades alimentarias de la población en un período de tres años.

Palabras clave: Integración agroecológica, eficiencia y soberanía energética, sistemas integrados sostenibles alimentos energía

Summary

Agroecological integration and energy sovereignty

The Cuban strategy of substitution of chemicals for biologicals in the last 25 years, has generated knowledge on sustainable agricultural systems with innovative farmers and researchers. The lines to integrate the agroecosystems management are: genetic and technological diversification, cattle/agriculture integration and feeding self-sufficiency of animals and humans, combined in diversified, integrated and self-sufficient systems with local adaptation, resiliency and sustainability. Any system of sustainable production should reach self-sufficiency at the smallest possible cost, energy efficiency, minimum environmental impact and maximum satisfaction of the human necessities. Results of productivity and energy efficiency of two integrated systems are presented (small and medium scale) with high productivity and efficiency starting from a diversified system integrated with agroecological base. Many investigations have been carried out in Cuba during the nineties and beginnings of the present century, on systems of non-conventional feeding of animal species and integrated soil-pasture-animal systems. A recent international study formulated questions to define global agricultural policies for research and practice, similar to the integrated systems for production of foods and energy, carried out in the Biomasa-Cuba project on integrated sustainable food/energy systems of agricultural production which characterizes types of farms in function of its conversion (food/energy strong integration, on the way of increase integration and at initial stages). If these integrated systems were gradually adopted in only three million hectares - half of the cultivated lands in Cuba-, the population's feeding necessities could be satisfied in a three year period.

Key words: Agroecology integration, energy efficiency and sovereignty, food/energy integrated sustainable systems

*Integrar es unir en un todo coherente;
en agricultura, es la clave de la sostenibilidad.*

Marta Monzote

1. INTRODUCCIÓN

La estrategia de sustitución de insumos químicos por biológicos que tuvo lugar en Cuba durante los últimos 25 años (1992-2017) estableció parte de la infraestructura y generó el conocimiento básico sobre sistemas de gestión agrícola sustentables. No hay dudas de que se ha avanzado en términos organizativos y tecnológicos, y muchos casos exitosos son muestra de ello (Monzote *et al.* 2001, Funes *et al.* 2001, Ríos 2006, Machín *et al.* 2010).

Hasta ahora la mayor contribución ha sido que agricultores innovadores, junto a algunas instituciones que han desarrollado investigaciones en este campo, han mostrado el enorme potencial aún inexplorado.

Los sistemas integrados con base agroecológica pueden aportar valiosos elementos al diseño de estrategias tecnológicas y energéticas vinculadas a la soberanía alimentaria y energética de Cuba en los que aún queda mucho por investigar e implementar (Funes-Monzote 2009). Hasta el momento, los resultados tienen un enfoque más tecnológico que ecológico, sin embargo, ya hay evidencias de que a partir de una efectiva integración se incrementa la productividad a nivel de sistema, cuando se hace un uso más racional de los recursos naturales y las tecnologías disponibles (Funes-Monzote *et al.* 2009 a,b, 2011, 2012).

Por fuerza de la necesidad o de manera inducida, ha estado en años recientes más presente que nunca en todos los sectores de la agricultura cubana, lo que ha sido decisivo para atenuar el efecto de la crisis económica que ha sufrido el país. Las innovaciones fomentaron métodos de manejo agrícola y pecuario sostenibles y han permitido identificar con bastante claridad cuáles son las lagunas que aún persisten para alcanzar un estado superior en el camino hacia la agroecología.

Entre estas carencias se pueden citar: los sistemas de monocultivo que aún prevalecen y se estimulan en detrimento de la biodiversidad y que socavan los avances agroecológicos; la persistente dependencia de insumos externos, en particular de energía fósil y la falta de integración entre los agroecosistemas a diferentes escalas.

Como consecuencia, es común que aún se desperdicien gran cantidad de recursos naturales, energéticos, materiales, humanos y financieros que amenazan la eficiencia en la producción de alimentos, además de retardar la concreción de un modelo agrícola sustentable basado en la agroecología. Se ejerce el mayor énfasis en la aplicación y disseminación de tecnologías, sin embargo, en la implementación de sistemas agroecológicos integrados, lo tecnológico es solo una pequeña parte del asunto.

La racionalidad positivista en la agricultura conduce a la noción de que el incremento de la productividad es el objetivo principal de un sistema agrícola. Esta línea de pensamiento, muy extendida en Cuba a través del empleo de tecnologías costosas y de altos insumos, no alcanzó las expectativas en los años 1970-1980, ni las alcanza en la actualidad. Ejemplos sobrados de esta afirmación pueden conducir a un cuestionamiento sobre la irracionalidad de los modelos intensivos en capital e insumos, basados en el monocultivo y la intensificación insostenible.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Citma 1997), identificó como los problemas ambientales fundamentales: la reducción de la biodiversidad, la poca disponibilidad y contaminación de las aguas subterráneas, la erosión de los suelos y la deforestación. De la aplicación del modelo agrícola industrial se derivaron también serias consecuencias socioeconómicas bien conocidas como la migración a gran escala de la población rural hacia las ciudades, que provocó la pérdida de muchos agricultores experimentados, con amplios conocimientos y tradiciones campesinas.

A pesar de la alta calidad de la infraestructura instalada y los crecientes niveles de capital, fertilizantes y concentrados disponibles, desde mediados de los años ochenta la productividad de la tierra había comenzado a declinar (Nova 2006). Este fenómeno fue objeto de discusión antes del colapso de la agricultura cubana, cuando el gobierno se encontraba sumido en la formulación de un Programa Alimentario Nacional (Anap 1991).

Veinte años de aciertos y desaciertos en el rediseño y readaptación, demuestran la urgencia de transformar el modelo agrario cubano, la necesidad de continuar fragmentando el monocultivo, y de avanzar en la adecuación de las estructuras y el uso más racional de los recursos disponibles para realizar una agricultura sustentable. La interacción entre agricultores innovadores y científicos ha sido clave en el diseño de estrategias para lograr tal propósito.

No obstante, aún queda el gran reto de utilizar de manera eficiente y productiva la tierra agrícola disponible en la Isla. Con la promulgación del Decreto-Ley 259 en 2008, en un intento por consolidar una agricultura a pequeña y mediana escala, hasta octubre de 2012 se habían entregado alrededor 1 523 000 ha, que beneficiaron a unos 178 000 usufructuarios, y quedaban disponibles 975 000 ha en suelos de categorías III y IV. El reto de impulsar un modelo más integrado de agricultura sigue latente y aún más difícil parece ser lograr una verdadera integración agroecológica.

Este artículo presenta algunos avances sobre integración agroecológica en Cuba y más específicamente sobre sistemas integrados de producción de alimentos y energía, basados en la diversificación agrícola y ganadera. Incluye opiniones del autor sobre logros y dificultades en la aplicación de sistemas integrados y un análisis de los posibles escenarios futuros de esta visión para la agricultura cubana.

2. VENTAJAS DE LA INTEGRACIÓN AGROECOLÓGICA

Un sistema integrado es aquel que intercambia funciones y recursos entre la producción animal y vegetal con objetivos comunes a nivel de sistema. Desde una visión holística, la integración cumple funciones que cierran ciclos de nutrientes y energía, que permiten el uso más racional de los recursos disponibles y que establecen sinergias provechosas para ambas producciones vegetales y animales con un probable mejoramiento en la economía de la finca y la preservación ambiental.

La integración agroecológica además, promueve otros procesos a nivel ecosistémico que sobrepasan los límites de una finca o sistema productivo y que se insertan en el tejido social; por ello es un marco propicio para el desarrollo social, con una base local, endógena, que responde e intenta alcanzar o solucionar las necesidades, carencias y expectativas de las familias de agricultores. Entre las ventajas más comunes que ha proporcionado la integración agroecológica en Cuba, podemos citar aspectos tecnológico-productivos, socioeconómicos y ecológico-ambientales, propiciando:

- El cierre de ciclos, lo que permite reutilizar muchos recursos materiales, nutrientes y energía, tanto provenientes del exterior como los disponibles en los límites de la finca o de la localidad o región donde esta se encuentra ubicada.
- El mejoramiento del status de fertilidad del suelo, el detenimiento de procesos erosivos y con ello una mayor disponibilidad de nutrientes a los cultivos.
- La disminución del impacto ambiental negativo producido por la acumulación de residuos o subproductos de la producción agrícola y pecuaria y/o del procesamiento industrial que son utilizados como materia prima para la producción de abonos orgánicos y alimento animal.
- La utilización de estiércoles para la producción de biogás que ha permitido utilizar este combustible para la cocción, generación eléctrica y la refrigeración, entre otros usos. Con ello, algunos agricultores han logrado disminuir la dependencia de combustibles fósiles o reducido la tala de árboles para la obtención de leña. Algunos modelos han logrado la distribución del biogás en condominios que permiten el uso del biogás producido en una finca por varias familias vecinas.
- Una efectiva integración para la producción de alimento animal (granos, tubérculos, raíces y forrajes proteicos), permite reducir la dependencia de granos importados para la alimentación de monogástricos y rumiantes.
- Los sistemas productivos integrados y la integración entre fincas han mostrado ser más resilientes al cambio climático y a los desbalances en la economía al distribuir más uniformemente los riesgos

del sistema productivo y disponer de más alimentos para la familia en calidad, cantidad y diversidad durante todo el año.

- Es común que un sistema integrado y diversificado, logre una mayor calidad y diversidad de la biomasa para la alimentación animal, así como con una distribución temporal más estable.
- Un sistema integrado generalmente es intensivo en fuerza de trabajo, lo cual puede ser una desventaja en lugares donde no haya personas disponibles para trabajar, sin embargo, en áreas de mayor población ha sido una ventaja para la generación de empleo. También la diversidad de cultivos y de ganado y su distribución durante todo el año genera oportunidades de trabajo estable.

Bajo una concepción integradora, los sistemas agroecológicos combinan los aportes del conocimiento especializado con la producción agrícola y pecuaria en un nuevo nivel de complejidad que está determinado por la agrobiodiversidad, bajo un programa de manejo más holístico. La agroecología, como "*ciencia para la agricultura sostenible*", ofrece los principios ecológicos que permiten estudiar, diseñar y manejar los agroecosistemas, combinando la producción y la conservación de los recursos naturales (Altieri 1997). Además, propone una acción participativa e inclusiva, culturalmente sensible, socialmente justa y económicamente viable.

Las líneas estratégicas más diseminadas en Cuba para integrar los conceptos de manejo especializado en agroecosistemas holísticos son: la diversificación genética y tecnológica, la integración ganadería-agricultura, y la autosuficiencia alimentaria de animales y seres humanos. Estas tres concepciones, combinadas en los sistemas DIA (diversificados, integrados y autosuficientes), guían la adaptación de los sistemas de producción a nivel local y en situaciones cambiantes, que son más resilientes y sostenibles.

La concepción de sistemas DIA ha sido desarrollada y probada durante un período de 10 años a diferentes escalas y niveles de análisis en el país (Monzote *et al.* 1999, Funes-Monzote 2009). Cada uno de los componentes de los sistemas DIA tiene características específicas, pero todos poseen varios principios básicos en común:

- Incrementar la biodiversidad del sistema.
- Hacer énfasis en la conservación y manejo de la fertilidad del suelo.
- Usar al máximo la energía renovable y optimizar los procesos de reciclaje de la energía.
- Aumentar la eficiencia en el uso de los recursos naturales locales.
- Mantener altos niveles de resiliencia.

Una conversión efectiva hacia sistemas DIA requiere de conocimiento, un esfuerzo importante de diseño y

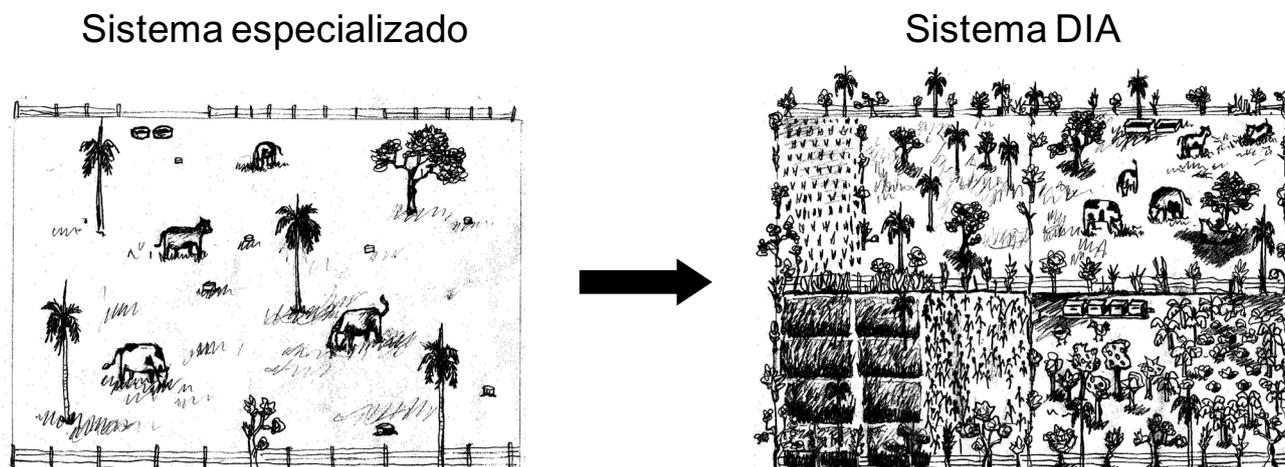


Figura 1. La conversión de un sistema agrícola especializado a agroecológico bajo los principios de diversificación, integración y autosuficiencia alimentaria.

recursos materiales-financieros, y mano de obra que permita establecer relaciones complejas según cada caso (Fig.1).

La diversificación se refiere al proceso de combinar diferentes especies de cultivos, animales y árboles, lo cual favorece el desarrollo de la diversidad en otros organismos, como la biota del suelo, asociada con la descomposición de materia orgánica, la aparición de mayores poblaciones de insectos, y la microfauna y mesofauna relacionada con el control biológico.

Además, durante el año se producen variados productos de interés comercial. Es característica de los sistemas DIA que durante la selección de especies y razas se tengan en cuenta la adaptación a condiciones de estrés, las demandas del mercado local, así como las aspiraciones y preferencias de los productores.

La integración se relaciona con el fortalecimiento de los vínculos entre los diversos componentes biofísicos. El sistema, una vez que está completamente integrado, opera y reacciona como un todo, y alcanza su potencial cuando las interacciones entre sus componentes son óptimas. La integración de cultivos, ganado y árboles brinda oportunidades para la multifuncionalidad del sistema, y esto se logra aplicando principios agroecológicos.

La autosuficiencia alimentaria tiene que ver con el alcance del sistema, es decir, hasta qué punto puede cubrir sus propias demandas sin recurrir a considerables insumos externos. Por lo tanto, un sistema autosuficiente produce alimento humano y animal para satisfacer en calidad y cantidad los requerimientos nutricionales de la familia, a la vez que genera productos y servicios comercializables que cubren otras necesidades.

La meta fundamental de cualquier sistema de producción sostenible es alcanzar la autosuficiencia al menor costo posible, con la mayor eficiencia energética, mínimo impacto ambiental y la máxima satisfacción de las necesidades humanas.

2. DESVENTAJAS O RETOS A ENFRENTAR

En el escenario más amplio a nivel de país, los sistemas integrados presentan desventajas y se enfrentan a diversos retos que resultan a veces obstáculos difíciles de sobrepasar, entre ellos:

- El arraigado paradigma tendiente al monocultivo, concebido como la forma más viable desde el punto de vista de manejo y factible desde el punto de vista económico
- La falta de recursos para implementar sistemas integrados
- La carencia de un conocimiento popularizado que permita hacer más accesible la información para diseñar adecuadamente estos sistemas y que funcionen por períodos largos de tiempo.

Por ello muchos proyectos que comienzan siendo exitosos, al pasar el tiempo dejan de funcionar de manera integrada o se "pervierte" en cierta medida la idea original de integrar la producción animal y vegetal.

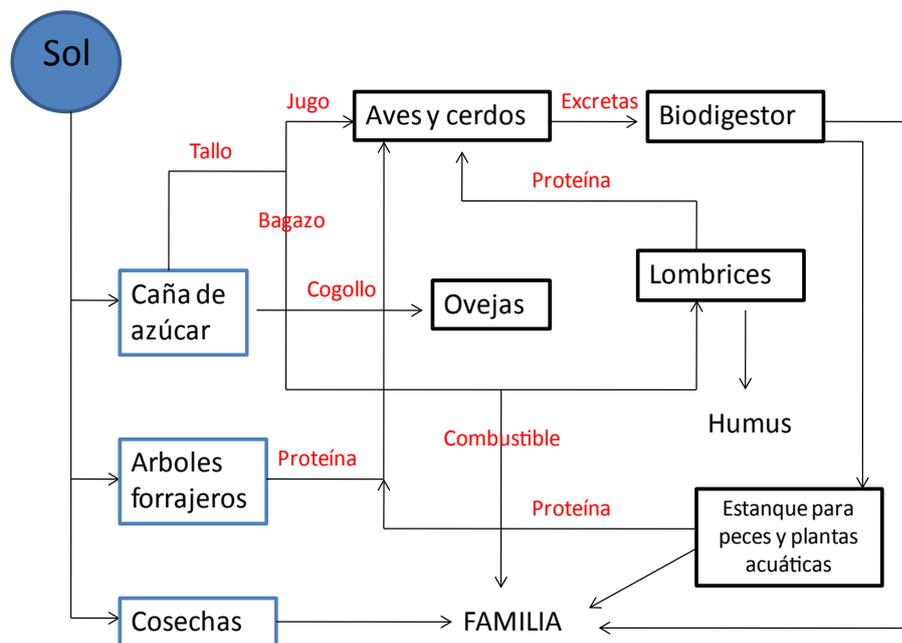
En realidad, establecer mecanismos más complejos de interacción entre componentes bióticos y abióticos y hacer que estos perduren en el tiempo, a pesar de la influencia de determinantes negativas, requiere de un ajuste tecnológico y una constancia que a veces no se encuentran.

Por otra parte, algunos agricultores e instituciones que propugnan sistemas agroecológicos para recuperar y reutilizar los recursos locales caen frecuentemente en la "tentación" de tener disponibles, accesibles y a bajo costo, insumos químicos, concentrados importados y otras materias primas (subsidiados) que reducen la sustentabilidad de sus sistemas.

Resulta común que ante esta situación recurran a soluciones momentáneas y temporales que retardan de alguna forma el camino de la integración agroecológica.

Tabla 1. Eficiencia energética y productiva de dos fincas agroecológicas integradas (Funes-Monzote *et al.* 2011)

Finca	Del Medio Taguasco, Sancti Spíritus	Cayo Piedra Perico, Matanzas
Área (ha)	10	40
Energía (GJ/ha/año)	50,6	90
Proteína (kg/ha/año)	434	318
Personas que alimenta/ha/año (energía)	11	21
Personas que alimenta/ha/año (proteína)	17	12,5
Eficiencia energética (salidas/entradas)	30	11,2
Uso Equivalente de la Tierra (UET)	1,4	1,8

**Figura 2.** Manejo integrado de producción pecuaria para el trópico (Preston y Murgueitio 1992).

ca, y comienzan a enfrentarse con otros problemas que tienden a ser irreversibles como el ataque de plagas, la dependencia en la alimentación del exterior, el deterioro de la fertilidad del suelo, entre otros factores negativos.

3. SISTEMAS INTEGRADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS Y ENERGÍA

El diseño de sistemas sustentables para la producción de alimentos y energía constituye una necesidad para realizar una agricultura que sea medioambientalmente sensible, económicamente factible, socialmente aceptable y, de esta manera, respetar, proteger y ayudar a restaurar los ciclos y procesos naturales.

Preservar los recursos financieros disponibles y evitar el despilfarro es la vía más segura de hacerla factible en un ambiente socioeconómico inestable. Diseñar sistemas agrícolas compatibles con los gustos, necesidades y aspiraciones de los agricultores, a su vez, la garantía de que estos tendrán la capacidad de perdurar. Desde luego, estos gustos, necesidades y aspiraciones son cambiantes y deben ser adaptadas a la realidad socioeconómica.

Finalmente, cualquier modelo agrícola que pretenda permanecer, debiera ser energéticamente sustentable. Una alta dependencia externa confiere alta inestabilidad a los sistemas y, por ende, financieramente se tornan muy frágiles y vulnerables. En la tabla 1 se muestran resultados del análisis de productividad y eficiencia energética de dos sistemas integrados, uno a pequeña y otro a mediana escala que tienen alta productividad y eficiencia a partir de un sistema diversificado integrado con bases agroecológicas.

Es un reto y una necesidad la implementación de sistemas integrados de alimentos y energía. Producir alimentos de manera sustentable debe ser una combinación armónica entre un ambiente natural sano, una economía fuerte basada en la producción de bienes materiales con la menor dependencia posible y un uso eficiente de la energía disponible. Preston y Murgueitio (1994) propusieron un sistema integrado para producir alimentos que a su vez fuera energéticamente eficiente, diverso y basado en los recursos naturales disponibles (Fig. 2).

En este mismo ánimo, durante la década de 1990-2000 se realizaron diferentes esfuerzos en aras de mo-

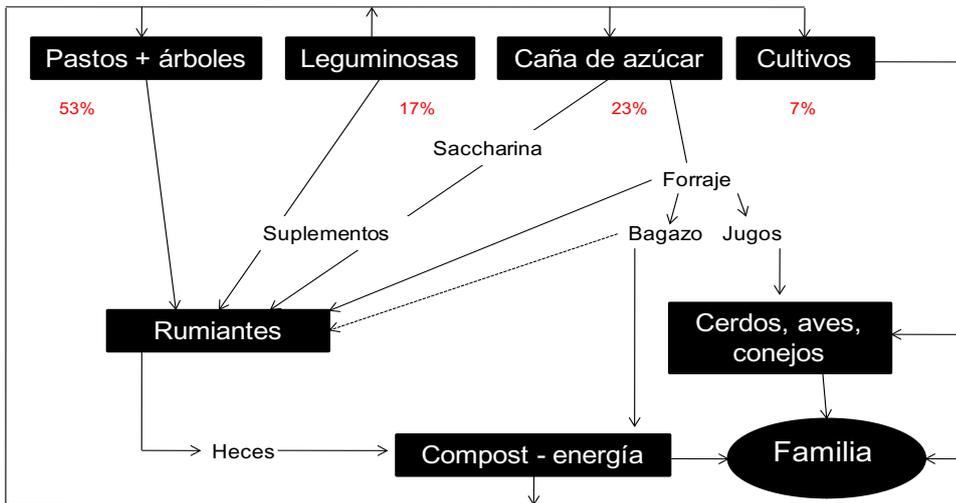


Figura 3. Sistema de producción diversificado propuesto para la ganadería cubana (García-Trujillo 1996).

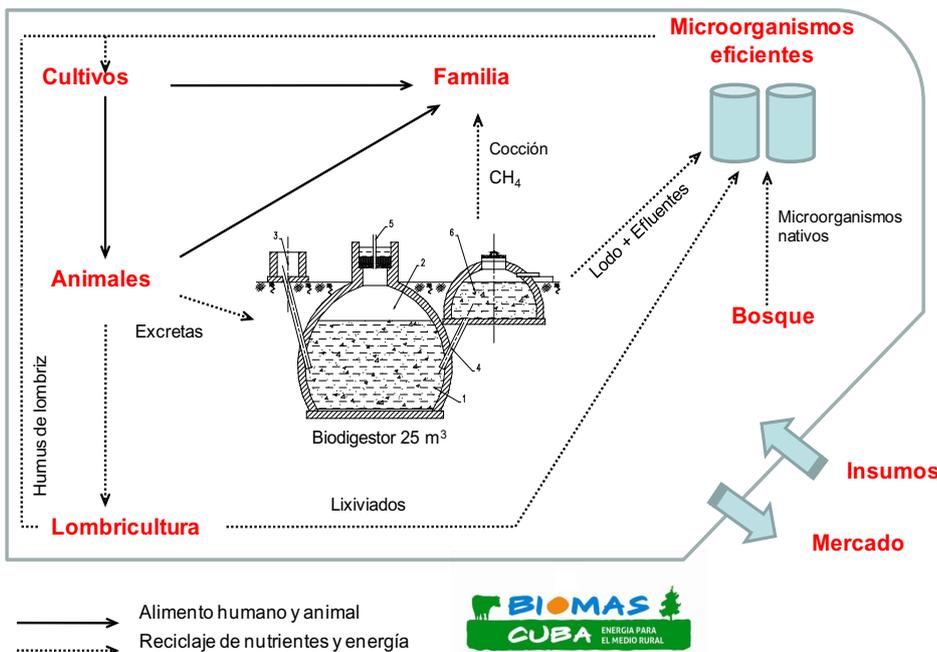


Figura 4. Modelo integrado de alimentos y energía de la finca Cayo Piedra, Perico, Matanzas.

delar las bases de desarrollo sustentable de la agricultura cubana desde una concepción integrada. Tales fueron los casos (Fig. 3) de los modelos propuestos por García-Trujillo (1996) y Monzote y Funes- Monzote (1997).

Muchas otras investigaciones fueron realizadas en Cuba durante los años noventa e inicios del presente siglo, para el desarrollo de sistemas de alimentación no convencional de especies de animales monogástricos, en particular cerdos y aves (Mederos 2003, Domínguez 2003, Pampín 2003), así como el uso de diferentes variantes de sistemas integrados suelo-pasto-animal con especies pratenses de leguminosas y gramíneas que son altamente recomendables para las condiciones de Cuba (Machado y Martín 2003).

Por otra parte, también se desarrollaron investigaciones sobre la descontaminación y uso productivo de residuales ganaderos a través de la digestión anaeróbica,

así como el empleo de plantas acuáticas como lemna (*Lemna ecuadoriensis*), azola (*Azolla pinnata*) y jacinto de agua (*Eichornia crassipes*), que realizan una importante contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Álvarez *et al.* 2011).

A pesar de que en las últimas décadas se han producido muchas innovaciones y avances tecnológicos, nos encontramos ante una combinación de factores globales de naturaleza política, económica y social que impone retos nuevos y complejos a la agricultura mundial, que tiene el imperativo de garantizar seguridad alimentaria y energética de manera ambiental y socialmente sostenible (NRC 2010).

Un reciente estudio internacional se enfocó en definir preguntas que, de responderse, serían una contribución a definir políticas agrícolas globales para la investigación y la práctica agrícola a escala mundial (Pretty *et al.* 2010).

Varias preguntas presentes en el mencionado estudio constituyen hipótesis de análisis de los sistemas integrados para la producción de alimentos y energía, realizado por investigadores pertenecientes a diferentes instituciones cubanas y agrupados en el proyecto Biomasa-Cuba, financiado por la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (Cosude) en la etapa 2008-2010.

Este proyecto ha explorado el desarrollo de los sistemas integrados de alimento y energía y se han desarrollado soluciones energéticas sustentables en el marco de la producción agropecuaria (Fig. 4).

Como resultado del mencionado proyecto se han caracterizado tipos de fincas en función de su estatus en la conversión (Funes- Monzote *et al.* 2011).

BIOMAS-1A: (fuerte integración de alimentos y energía). Las fincas comprendidas en este tipo tienen fuertes correlaciones entre la diversidad de especies de plantas cultivadas y/o animales, alta eficiencia energética y alta productividad en términos de cantidad de alimentos producidos por unidad de área dedicada a cultivos o producción animal.

Son sistemas productivos generalmente de pequeña escala (≤ 15 ha) y disponen de amplios conocimientos tradicionales sobre crianza animal y cultivos locales. Tienen alta estabilidad de la producción, autonomía en el uso de los recursos y son resilientes al efecto de factores externos. Con poca inversión se podría aún incrementar su potencial energético y de producción de alimentos, al incorporarse nuevas tecnologías para el uso más eficiente de la biomasa disponible.

BIOMAS-1B: (en vías de incrementar la integración de alimentos y energía). Este tipo se caracteriza por tener considerables avances en la diversificación del sistema productivo. En muchos casos logran una alta eficiencia energética pero con baja productividad o viceversa. Aunque cuenta con conocimiento en el manejo de recursos naturales, aún requiere mayores esfuerzos en el diseño integrado del sistema productivo.

Por este motivo es que no se logra conjugar la disponibilidad de insumos con la diversidad funcional establecida y el incremento de los indicadores de eficiencia y productividad. Con apoyo financiero en tecnología y algunos cambios de diseño puede mejorar considerablemente su comportamiento y pasar a ser considerado como sistema BIOMAS-1A.

BIOMAS-1C: (estadios iniciales de la integración alimento-energía). Las fincas que componen este tipo se encuentran iniciando el proceso de integración del sistema alimentario y presentan un fuerte desbalance energético. Puede darse el caso de que una finca perteneciente a este grupo disponga de considerables fuentes energéticas de origen industrial (diesel, maquinaria,

irrigación, productos químicos) o abundante energía de origen biológico (estiércol, biomasa, fuerza de trabajo) y, sin embargo, haga un uso ineficiente de estos recursos.

Se incluye en este tipo de fincas aquellas que se encuentran en un proceso de integración o que se encuentran en la etapa de establecimiento de cultivos oleaginosos o instalación de biodigestores, pero que a la vez tienen baja diversidad y productividad. Por lo general, para lograr la integración en estos sistemas se requerirá un fuerte componente de capacitación y mayor apoyo financiero, aunque también su pobre comportamiento puede estar dado por el derroche de recursos naturales y financieros. Pasar al tipo BIOMAS-1B requerirá de un trabajo consciente entre dos y tres años.

4. POTENCIAL DE LOS SISTEMAS INTEGRADOS AGROECOLÓGICOS PARA CONTRIBUIR A LA AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA

La seguridad y la autosuficiencia alimentarias son probablemente las prioridades más importantes del gobierno cubano en la actualidad. En comparación con otros países, las condiciones de Cuba son relativamente favorables para el desarrollo del modelo agroecológico debido a la abundancia de tierras, la baja densidad poblacional en áreas rurales, la experiencia adquirida en una agricultura de bajos insumos externos, las tecnologías desarrolladas durante los últimos quince años, los altos niveles de educación y salud de la población, así como la organización social.

Si los sistemas integrados presentados en este estudio fueran adoptados gradualmente sobre tres millones de hectáreas – la mitad de la tierra cultivada en Cuba –, sería posible satisfacer todas las necesidades alimentarias de la población cubana en un período de tres años (tabla 2). Si se tiene en cuenta que ya en el año 2006, los pequeños productores, con cerca del 25 % de la tierra agrícola del país – la mitad de toda la superficie cultivada –, producían el 65 % de los alimentos obtenidos en el país (Pagés 2006), es posible percatarse de las amplias reservas existentes.

El proceso de redistribución de la tierra probablemente conduzca a variaciones en el tamaño de las fincas hasta alcanzar de 20 a 50 ha, en dependencia del tipo de producción, el nivel de intensificación en el uso de insumos externos o recursos internos, la disponibilidad de fuerza de trabajo, la proximidad a los mercados, la densidad de población y las características biofísicas (suelo, precipitaciones, temperatura, variación estacional, etc.).

Los productores a pequeña escala, con niveles razonablemente altos de productividad de la tierra y eficiencia en el uso de los recursos, necesitarían ser monitoreados y certificados para garantizar que alcancen los objetivos del programa. Esta transición requerirá un fuerte compromiso político y una considerable inversión de capital en investigación y desarrollo de tecnologías

Tabla 2. Potencial de un programa nacional de conversión hacia la autosuficiencia alimentaria con la implementación de sistemas integrados en tres millones de hectáreas (Funes-Monzote 2009)

Indicador	Unidad	Primera fase	Segunda fase	Tercera fase
Producción lechera por unidad de área forrajera ¹	t/ha/año	0,8	1,2	1,5
Situación predominante ²		10-20	20-30	30-50
Proporción de cultivos	% ha año	>50	20-40	≤ 20
Tamaño promedio de la finca		1-2	2-3	> 3
Años de conversión				
Salidas energéticas	GJ/ha/año	8	10	12
Salidas proteicas	kg/ha/año	80	100	120
Insumos energéticos ³	GJ/ha/año	5	4	3
Número de personas que pueden ser alimentadas ⁴				
Energía	×10 ⁶	6,6	8,1	9,9
Proteína	×10 ⁶	9,6	12,0	14,4
Eficiencia energética	sal./ent.	1,6	2,5	4

¹Alrededor de 1,5 millones de hectáreas (la mitad de las tres millones de hectáreas cultivadas) serían destinadas directamente a la producción de forrajes y el resto para cultivos. ²El número de cada una de las tres variables consideradas (proporción de cultivos, tamaño de la finca y años de conversión) se refiere a una situación apropiada (>50 % del área total) para cada etapa de la transición hacia sistemas integrados. ³Los insumos energéticos para el primer y segundo año fueron sobreestimados un 20-30 %. ⁴Para calcular la energía total y la proteína producida en la finca, se emplearon datos de Ensminger *et al.* 1994 y García Trujillo 1996, actualizados con información de Gebhardt *et al.* (2007). Para los requerimientos de energía y proteína para el consumo humano, se aplicó información suministrada por Fao/WHO/UNU (1985) y Porrata *et al.* (1996).

integradas, para lo cual será fundamental comunicar y promover experiencias exitosas.

La globalización de la economía mundial acentúa la necesidad de competitividad en los mercados internacionales, impulsores del crecimiento. El empleo de sistemas integrados puede desempeñar un papel importante en su diseño e implementación, primero a corto plazo, como un paso hacia la satisfacción de las necesidades alimentarias de la población, y posteriormente, asegurar la reinserción de Cuba en los mercados de exportación de alimentos.

Adoptar sistemas integrados a escala nacional podría hacer más sostenible y resiliente a la agricultura cubana. Se ha reconocido que la agricultura diversificada ha amortiguado el impacto de eventos climáticos extremos (huracanes y sequías), conflictos y crisis internacionales, que pueden afectar a otros sectores más vulnerables como el turismo y la extracción de níquel.

Los sistemas de producción diversificados a pequeña escala y la atención a los temas ambientales pueden servir como un punto de partida para la transición hacia la agricultura orgánica y la agroecología. Generar productos agrícolas de valor añadido (con denominación de origen o con certificación orgánica), no solo permitirá a los pequeños agricultores comercializar sus productos en el creciente sector turístico, sino también exportarlos al exterior.

La conservación de la naturaleza y el apoyo a las pequeñas fincas familiares pueden crear condiciones para el agroturismo y otras actividades complementarias que generarían fondos de inversión a fin de mejorar la infraestructura y el nivel de vida de la población rural.

La integración agroecológica puede considerarse una tecnología promisoría para Cuba. Tres factores fundamentales se esgrimen a favor de los sistemas integrados: conservan la fertilidad del suelo a través del reciclaje de nutrientes y la introducción de rotaciones, que incluyen diversidad de cultivos, árboles y leguminosas forrajeras; mantienen la biodiversidad del suelo, disminuyen su erosión, conservan el agua y proporcionan hábitat para la vida silvestre y hacen uso óptimo de los residuos de cultivos. Sin embargo, son pocos los estudios que analizan estas interacciones desde el punto de vista socioeconómico y político.

Los sistemas agrícolas intensivos y dependientes de energía externa pueden verse seriamente afectados por los recientes cambios en el sector energético, junto al agotamiento de las fuentes de combustible fósil. Esta situación amenaza la sostenibilidad ambiental, económica y social de los sistemas convencionales especializados, altamente ineficientes, y refuerza la necesidad de alternativas basadas en el uso más racional de los recursos naturales.

Otro gran reto futuro es incrementar el conocimiento de las interacciones que ocurren en los ecosistemas y los factores abióticos en la dinámica de los agroecosistemas diversificados. Es necesario continuar investigando de modo que se puedan cuantificar estas relaciones. Se considera que la baja densidad de población en el campo puede limitar el desarrollo de los sistemas integrados, relativamente intensivos en fuerza de trabajo.

Sin embargo, la repoblación de las áreas rurales en Cuba es una meta posible si las actividades agrícolas se hacen más atractivas y rentables, y además, se incenti-

van otros servicios, como el agroturismo y la protección ambiental.

Rehabilitar grandes áreas de tierra que han sido deforestadas, erosionadas o cubiertas por especies invasoras como el marabú (*Dichrostachys cinerea*) y el aroma (*Acacia farnesiana*), requiere abundante fuerza de trabajo y un sistemático apoyo a través de proyectos de desarrollo. Es por ello que las investigaciones en sistemas diversificados, integrados y autosuficientes deben procurar alta eficiencia energética, adaptación a una variable disponibilidad de fuerza de trabajo, así como adecuados niveles de productividad y aceptabilidad social.

Aún existe un conocimiento limitado sobre la dinámica de las complejas interrelaciones en los sistemas integrados de producción diversificada a pequeña escala y de bajos insumos en ambientes ecológicos, económicos y sociales heterogéneos y diversos. Por este motivo, deberían iniciarse estudios interdisciplinarios, con enfoques participativos e impulsados por la demanda, en estrecha interacción con los actores locales. En la práctica, esto significa que los investigadores deben incorporarse a los equipos interdisciplinarios que generen nuevas visiones para diseñar e implementar sistemas innovadores.

Futuras investigaciones deberían identificar prototipos más dinámicos, participativos y multifuncionales. Estas podrían contribuir sustancialmente a una mayor interacción entre las perspectivas de los agricultores y de los investigadores, en busca de las "mejores prácticas" para resolver puntos críticos específicos a escala local.

Finalmente, el análisis debe considerar estos elementos técnicos en concordancia con los objetivos de los agricultores y sus familias, además de las demandas del mercado, aspectos financieros y sociales, como condiciones indispensables para establecer sistemas agrícolas sostenibles.

REFERENCIAS

- Altieri MA. 1997. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. La Habana, Cuba: CLADES. 249 p.
- Álvarez A, Molinet Y, González PJ, Damas R, Ruíz R. 2011. Descontaminación de residuales, producción de biomasa y energía, y reciclaje de nutrientes. En Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático (Ríos H, Vargas D, Funes-Monzote F, comps.). San José de Las Lajas, Cuba: INCA, pp 55-74.
- ANPP. 1991. El Programa Alimentario. Asamblea Nacional del Poder Popular. La Habana, Cuba: José Martí.
- Citma. 1997. Estrategia Nacional Ambiental República de Cuba. La Habana. 80 p.
- Domínguez PL. 2003. Producción porcina a pequeña escala y reciclaje de nutrientes. En Curso Internacional Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Módulo III: Modelos alternativos (Funes-Monzote FR, ed.). La Habana: IIPF, pp 26-30.
- Fao/WHO/UNU. 1985. Energy and protein requirements. Report of a Fao/WHO/UNU Joint Expert Consultation. Technical Report Series No. 742. World Health Organization. Geneva.
- Funes F, García L, Bourque M, Pérez N, Rosset P. 2001. Transformando el campo cubano: Avances de agricultura sostenible. La Habana, Cuba: Actaf. 286 p.
- Funes-Monzote FR. 2009. Agricultura con futuro: La alternativa agroecológica para Cuba. Matanzas, Cuba: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. 176 p.
- Funes-Monzote FR, Monzote M, Lantinga E, Ter Braack JF, Sánchez JE, Van Keulen H. 2009a. Conversion of specialised dairy farming systems into sustainable mixed farming systems in Cuba. Environment, Development and Sustainability 11: 765-783.
- Funes-Monzote FR, Monzote M, Lantinga E, Van Keulen H. 2009b. Agro-ecological indicators (AEIs) for dairy and mixed farming systems classification: identifying alternatives for the Cuban livestock sector. Journal of Sustainable Agriculture. 33 (4): 435-460.
- Funes-Monzote FR, Martín GJ, Suárez J, Blanco D, Reyes F, Cepero L, Rivero JL, Rodríguez E, Savran V, del Valle Y, Cala M, Vigil MC, Sotolongo JA, Boillat S, Sánchez JE. 2011. Evaluación inicial de sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba. Pastos y Forrajes 34(4): 445-462.
- Funes-Monzote FR, Bello R, Álvarez A, Hernández A, Lantinga E, Van Keulen H. 2012. Identifying agroecological mixed farming strategies for local conditions in San Antonio de Los Baños, Cuba. International Journal of Agricultural Sustainability 10(3): 208-229.
- García Trujillo R. 1996. Los animales en los sistemas agroecológicos. La Habana: Acao.
- Gebhardt 2007. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Version 20 Disponible en www.arsusdsda.gov/nutrientdata
- Machado H, Martín GJ. 2003. Situación ambiental en ecosistemas agropecuarios: Propuesta de solución para una producción sostenible. En Curso Internacional Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Módulo III: Modelos alternativos (Funes-Monzote FR, ed.). La Habana: IIPF, pp 57-62.
- Machín B, Roque AM, Avila DR, Rosset P. 2010. Revolución Agroecológica: el Movimiento de Campesino a Campesino de la Anap en Cuba. La Habana. 105 p.
- Mederos CM. 2003. Uso de la caña de azúcar en la alimentación de cerdos. En Curso Internacional Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Módulo III: Modelos alternativos (Funes-Monzote FR, ed.). La Habana: IIPF, pp 6-13.

- Monzote M, Funes-Monzote FR. 1997. Integración ganadería - agricultura, una necesidad presente y futura. *Revista Agricultura Orgánica* 3(1): 7-10.
- Monzote M, Funes-Monzote FR, Serrano D, Suárez JJ, Martínez HL, Pereda J, Fernández J, González A, Rodríguez M, Pérez Olaya LA. 1999. Diseños para la integración ganadería- agricultura a pequeña y mediana escala. Reporte final del proyecto Citma 0800058. La Habana: Citma. 64 p.
- Monzote M, Muñoz E, Funes-Monzote FR. 2001. Integración ganadería agricultura. En *Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible* (Funes F, García L, Bourque M, Pérez N, Rosset P, eds). La Habana, Cuba: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, pp 235-256.
- Nova A. 2006. La agricultura en Cuba. Evolución y trayectoria (1959-2005). La Habana, Cuba: Ciencias Sociales. 182 p.
- NRC. 2010. *Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century. National Research Council Report.* The National Academic Press, Washington, DC.
- Pagés R. 2006. Necesarios cambios en relaciones con el sector cooperativo-campesino, *Periódico Gramma*, 18 de diciembre de 2006: 3.
- Pampín M. 2003. Cría familiar de aves: Experiencia cubana. En *Curso Internacional Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Módulo III: Modelos alternativos* (Funes-Monzote FR, ed.). La Habana: IIPF, pp 79-93.
- Porrata CM, Hernández A, Argüelles JM. 1996. Recomendaciones nutricionales y guías de alimentación para la población cubana. Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. La Habana. 43 p.
- Preston TR, Murgueitio E. 1992. *World Animal Review*, N 2-8. Rome: Fao. 78 p.
- Preston TR, Murgueitio E. 1994. *Strategy for sustainable livestock production in the tropics.* 2da Edición. Cali, Colombia/ Estocolmo, Suecia: CIPAV-SAREC.
- Pretty J, Sutherland MJ, Ashby J, Auburn J, Baulcombe D, Bell M, Bentley J, Bickersteth S, Brown K, Burke J, Campbell H, Chen K, Crowley E, Crute I, Dobbelaere D, Edwards-Jones G, Funes-Monzote FR, Godfray HCJ, Griffon M, Gypmantisiri P, Haddad L, Halavatau S, Herren H, Holderness M, Izac A, Jones M, Koohafkan P, Lal R, Lang T, McNeely J, Mueller A, Nisbett N, Noble A, Pingali P, Pinto Y, Rabbinge R, Ravindranath NH, Roling N, Sage C, Settle W, Sha JM, Shiming L, Simons T, Smith P, Strzepeck K, Swaine H, Terry E, Tomich TP, Toulmin C, Trigo E, Twomlow S, Vis JK, Wilson J, Pilgrim S. 2010. The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability* 8(4): 219-236.
- Ríos H. 2006. *Fitomejoramiento participativo: Los agricultores mejoran cultivos.* La Habana, Cuba: Inca. 300 p.