

AGRICULTURA CON FUTURO

La alternativa agroecológica para Cuba

Fernando R. Funes-Monzote



La impresión de este libro ha sido financiada por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).

Edición y corrección: *Claudia Álvarez Delgado y Reinier Pérez-Hernández*
Diseño de cubierta: *Amaury Rivera Rodríguez*
Ilustraciones: *Reinaldo Funes Monzote*

© Fernando R. Funes-Monzote, 2009
© Estación Experimental “Indio Hatuey”, Universidad de Matanzas, 2009

ISBN 978-959-7138-02-0



Estación Experimental “Indio Hatuey”
Central España Republicana, Perico,
Matanzas, Cuba
Teléfonos: +53-45-377307 / +53-45-377482
www.ihatuey.cu

A mis padres, por haberme transmitido la pasión por la investigación científica y el compromiso de crear un futuro mejor para Cuba.

A mis hijos, la principal motivación para luchar por ese ideal.

Índice

Prefacio / XIII

I. El contexto actual de la agricultura cubana / 1

- 1.1 El modelo convencional / 2
- 1.2 El modelo emergente / 5
- 1.3 Dependencia de importaciones / 7
- 1.4 Oportunidad histórica / 8

II. Transición hacia la agricultura sostenible /11

- 2.1 Condiciones geográficas y biofísicas / 13
- 2.2 Breve historia de la agricultura cubana / 15
- 2.3 Escenario posterior al triunfo de la Revolución / 16
 - Reformas agrarias / 16*
 - El modelo agrícola convencional / 17*
 - Consecuencias y colapso / 18*
- 2.4 Cambios en las estructuras productivas agrarias / 21
- 2.5 Contribución de los agricultores pequeños / 23
- 2.6 Agricultura urbana y seguridad alimentaria / 25
 - Fundación, estructura y objetivos / 25*
 - Arroz popular: ejemplo de subprograma exitoso / 27*
 - Éxitos recientes y futuro / 28*

- 2.7 La estrategia de sustitución de insumos / 29
 - Alternativas para el manejo ecológico del suelo / 30*
 - Control biológico / 31*
 - Tracción animal / 31*
 - Policultivos y rotación de cultivos / 32*
- 2.8 Más allá de la estrategia de sustitución de insumos / 33
- 2.9 Sistemas integrados de producción: un enfoque hacia la sostenibilidad / 33
 - Cambios en la estructura de uso de la tierra / 33*
- 2.10 Lecciones de la transición hacia la agricultura sostenible en Cuba / 36

III. Metodología para la transición / 39

- 3.1 Definiciones necesarias / 39
- 3.2 ECOFAS: Una propuesta metodológica / 42
 - Etapas 1: Experimental / 44*
 - Etapas 2: Escalonamiento / 47*
 - Etapas 3: Aplicación / 49*

IV. Conversión de sistemas ganaderos especializados en sistemas integrados / 51

- 4.1 Metodología experimental / 53
 - Diseño de prototipos / 54*
- 4.2 Evaluación de indicadores agroecológicos y financieros / 57
 - 4.2.1 Biodiversidad / 57
 - 4.2.2 Productividad / 61
 - 4.2.3 Uso de energía / 62
 - Fuerza de trabajo / 62*
 - Insumos energéticos / 64*
 - Eficiencia energética / 65*
- 4.3 Resultados financieros / 66
- 4.4 Fertilidad del suelo / 68
- 4.5 Consideraciones finales / 70

V. Identificación de alternativas para el sector ganadero / 71

- 5.1 Metodología experimental / 74
 - Selección de fincas / 75*
 - Tipologías / 76*
 - Criterios de clasificación / 76*
 - Hipótesis / 77*

5.2 Comportamiento de los indicadores agroecológicos / 77

Tipo de finca / 77

Años de conversión / 80

Proporción de cultivos / 80

Área de la finca / 81

5.3 Resultados e interpretación del análisis multivariado / 82

Agrodiversidad / 86

Productividad / 88

Eficiencia energética / 90

Reciclaje de nutrientes / 91

5.4 Conclusiones / 92

VI. Validación de estrategias integradas sostenibles para condiciones locales / 95

6.1 Fase de aplicación de ECOFAS / 97

Selección y descripción de las fincas / 98

Diagnóstico participativo e identificación de puntos críticos / 100

6.2 Diagramación y caracterización de prototipos / 100

Fincas integradas / 102

Finca ganadera especializada / 108

6.3 Análisis de sistemas, monitoreo de indicadores y evaluación / 110

Agrodiversidad / 110

Productividad y eficiencia / 111

Fuerza de trabajo / 112

Economía / 112

6.4 Identificación de estrategias sostenibles para condiciones locales / 117

Agrodiversidad del sistema agrícola / 117

Productividad de la finca y eficiencia energética / 118

Balance y reciclaje de nutrientes / 118

Factibilidad económica / 118

Empoderamiento y toma de decisiones / 119

6.5 Consideraciones finales / 119

VII. El potencial de la agroecología para la producción de alimentos / 121

7.1 Diseño de prototipos de sistemas integrados de producción / 124

7.2 Hacia la descentralización y la autosuficiencia alimentaria / 125

7.3 Comentarios finales / 127

APÉNDICES

1. Conversión hacia sistemas integrados / 133

- 1.1 Colecta de datos / 133
- 1.2 Análisis del suelo / 133
- 1.3 Análisis económico / 134
- 1.4 Análisis de los datos / 136

2. Identificación de alternativas / 137

- 2.1 Procedimiento de muestreo y método de cálculo de los indicadores agroecológicos / 138
- 2.2 Análisis estadístico / 138

3. Validación de estrategias integradas / 143

- 3.1 Caracterización de San Antonio de los Baños / 143
- 3.2 Diagnóstico participativo e identificación de puntos críticos / 144
- 3.3 Mapeo de los bio-recursos e infraestructura y caracterización de la finca / 144
- 3.4 Monitoreo de indicadores / 144
- 3.5 Análisis de suelos / 145
- 3.6 Análisis agroecológico y económico / 145
- 3.7 Identificación de alternativas para mejorar los sistemas agrícolas / 146
- 3.8 Caracterización de los suelos en las fincas estudiadas / 146

4. Eficiencia energética / 157

Bibliografía / 163

Prefacio

La diversificación, la descentralización y el movimiento hacia la autosuficiencia alimentaria son tendencias principales dentro de la agricultura cubana. Cuba ha sido el único país en transitar de un modelo agrícola convencional, basado en altos insumos y fuertemente subsidiado, a otro alternativo, de bajos insumos y uso intensivo de los recursos naturales disponibles. El hecho de haber experimentado un cambio tan dramático en la intensidad de la producción agropecuaria, ha sido una oportunidad única, en tanto ha servido como punto de partida para diseñar una agricultura sostenible a escala nacional. Sin embargo, puede afirmarse que esta situación aún no se ha aprovechado debidamente. Los avances logrados en los últimos quince años deben traducirse en políticas sistemáticas y consistentes que aseguren una producción factible y sostenible.

La singular posición del sector agrícola cubano, tanto a nivel nacional como internacional, ofrece un contexto en el cual estos resultados, obtenidos de la investigación en sistemas agroecológicos, son relevantes. El cambio climático, los inestables precios del petróleo y de los alimentos en los mercados internacionales, la toma de conciencia sobre la necesidad de sustituir alimentos importados, así como las recientes decisiones del gobierno de cultivar todas las tierras improductivas, abren un amplio espectro de posibilidades para adoptar tecnologías alternativas.

Actualmente son tres los grupos sociales involucrados en la aplicación de las estrategias agroecológicas en la agricultura cubana: a) los «nuevos»

productores (urbanos y rurales), que surgieron durante los primeros años de la crisis de los noventa; b) los pequeños agricultores y sus familias, que heredaron la tierra y preservan un importante conocimiento tradicional en el manejo de sistemas de producción diversificados y localmente adaptados; y c) un número creciente de miembros de las UBPC, unidades de producción con una estructura cooperativa, que laboran en tierras estatales otorgadas en usufructo. Sin embargo, todavía falta una acción que articule toda la experiencia acumulada y el potencial humano existente.

En este libro se examina brevemente la historia de la agricultura cubana y se enfatiza en las consecuencias que ocasionó al medio natural y a la economía la aplicación de sistemas altamente intensivos y convencionales en épocas recientes. También se describen los avances y retrocesos de la transición hacia un modelo agroecológico de bajos insumos externos, que emergió en respuesta a la mayor crisis económica enfrentada por la Isla en los últimos cincuenta años. Además, se proporcionan resultados científicos que retan la creencia convencional de que solo es posible obtener alta productividad y rentabilidad a través de métodos industriales que demandan un uso intensivo de maquinaria, insumos químicos y energía.

Con el propósito de facilitar la lectura de esta obra, se sugiere tomar en cuenta los siguientes elementos:

- El capítulo I está dedicado a introducir la problemática actual de la agricultura cubana y analiza brevemente las principales oportunidades para el desarrollo de un modelo agroecológico.
- Al lector no familiarizado con la transición de la agricultura cubana desde inicios de los años noventa hasta la actualidad, consultar el capítulo II le permitirá conocer algunas facetas de este proceso. Se recorre la historia de la agricultura cubana, haciendo énfasis en los efectos de los sistemas altamente intensivos y convencionales empleados en el período 1960-1990.
- Seguidamente, el capítulo III presenta algunas definiciones que sustentan la concepción metodológica empleada para el estudio de la conversión de sistemas especializados en integrados agroecológicos. Este capítulo pretende mostrar de forma didáctica la manera en que fue dirigido el trabajo de investigación y análisis de los sistemas productivos mediante el Marco Ecológico para la Evaluación de la Sostenibilidad (ECOFAS, según las siglas de *EC*ological *F*ramework for the *A*ssesment of *S*ustainability).

- Por su parte, el capítulo III es el vínculo con los tres capítulos subsiguientes, que examinan el proceso de conversión e identificación de alternativas y estrategias integradas sostenibles (capítulos IV al VI). Para los lectores interesados en profundizar acerca de los resultados científicos que sustentan las hipótesis planteadas, esta sección puede resultar atractiva.
- Es común que se le demande a la investigación un mayor protagonismo en demostrar la factibilidad de la alternativa agroecológica. En estos tres capítulos el lector podrá encontrar argumentos comprobados científicamente, que muestran el alto potencial de los sistemas agroecológicos para producir alimentos en Cuba. Precisamente este es el título del último capítulo, que a modo de conclusión discute las alternativas existentes y propone pautas a tener en cuenta en el camino hacia la descentralización y la autosuficiencia alimentaria.
- Finalmente, la sección de apéndices está concebida de modo que se pueda hacer una lectura cruzada desde algunos capítulos, a fin de conocer con mayor detalle los métodos empleados en el estudio. Asimismo, ofrece datos numéricos que confirman la validez de los resultados, los cuales pueden servir no sólo como referencia para nuevos estudios sino también como base para tomar decisiones políticas conscientes.

Ninguna obra humana es el resultado aislado del esfuerzo de una sola persona. Durante mi vida como científico, y mucho antes, recibí el apoyo de las instituciones cubanas por las que he transitado, que me brindaron oportunidades y me transmitieron conocimientos y valores para llegar a ser un profesional comprometido con el presente y el futuro de Cuba. Me refiero a la Universidad Agraria de La Habana, en cuyas aulas obtuve mi formación como ingeniero agrónomo, el Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes del Ministerio de la Agricultura y la Estación Experimental «Indio Hatuey» de la Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior.

El presente volumen, traducido y adaptado de mi tesis de doctorado «Farming like we're here to stay. The mixed farming alternative for Cuba», defendida en la Universidad de Wageningen, Holanda, es un esfuerzo por hacer llegar al público cubano y de habla hispana, los resultados de este estudio. Este es también el resultado de diez años de trabajo investigativo iniciado en 1995 en el que participaron numerosos científicos y técnicos de varias instituciones, así como agricultores vinculados a la Red de Agroecología del

Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. Varios investigadores aportaron valiosos conocimientos e ideas; algunos de ellos son coautores de artículos ya publicados o en preparación que han sido adaptados para esta obra. Me refiero al Dr. Herman van Keulen (Plant Sciences Department), el Dr. Egbert Lantinga, (Biological Production Systems Group) y el Dr. Cajo ter Braak (Biometris, Plant Research Internacional), los tres de la Universidad de Wageningen. Por la parte cubana, el Dr. Jesús Eladio Sánchez (Instituto de Cibernética, Matemática y Física de la Universidad de La Habana), el Dr. Alberto Hernández (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas), el Ing. Aurelio Álvarez (Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes) y el MSc. Rasiel Bello (Instituto de Investigaciones Porcinas). Mi más sincero agradecimiento a otros colegas y amigos, quienes contribuyeron en mayor o menor medida en este largo camino.

Gracias también a la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), cuya generosa contribución permitió la impresión del material. Doy fe de mi profundo respeto a todos los agricultores, técnicos, extensionistas y dirigentes que hicieron posible este estudio. Mi gratitud para Williams Calderón por las innumerables horas solucionando los problemas informáticos, a Amaury Rivera por el diseño de cubierta y a Manuel Gahona por su apoyo y amistad durante todos estos años. A Reinier, amigo y editor que puso su talento y dedicación en pro de la calidad de este material. Un agradecimiento muy especial a Renán por su permanente contribución en la retaguardia; y al resto de mi familia por el apoyo incondicional en todo momento.

Por último quiero agradecer a Claudia, mi esposa, un pilar fundamental en mi vida. Ella ha sido siempre un componente imprescindible en mis logros científicos y personales; es la persona que sufrió y celebró cada paso de este proceso con la misma intensidad que yo.

Este es también un homenaje póstumo a mi madre, Marta Monzote Fernández, iniciadora de los estudios agroecológicos en Cuba, convencida y firme luchadora por una agricultura en armonía con la naturaleza y el ser humano. Ella, desde su doble papel de madre y tutora profesional, me entregó la fuerza necesaria para hacer realidad este proyecto.

FERNANDO R. FUNES-MONZOTE

I. El contexto actual de la agricultura cubana

La agricultura cubana se encuentra inmersa en un proceso de cambio profundo e inevitable. Las principales razones que han impulsado este cambio han sido de índole económica, como resultado de la escasez de capital e insumos externos para continuar desarrollándose según el paradigma de la revolución verde. Es decir, no han estado fundamentalmente dirigidas a la conservación del medioambiente o a emplear tecnologías sostenibles basadas en planteamientos científicos, sino que han sido fomentadas por la necesidad de producir alimentos a partir de los recursos naturales, materiales y humanos disponibles.

Diversos estudios agronómicos, económicos y sociales han demostrado que existen grandes oportunidades para el desarrollo a mayor escala de sistemas agrícolas sostenibles que combinan la factibilidad técnica, la viabilidad económica, la sustentabilidad ecológica y la aceptación social (Funes *et al.*, 2001; Ríos, 2004; Wright, 2005). También es cierto que se necesitan estrategias políticas más concretas con el fin de incentivar aquellas formas de producción que combinen estos elementos y así contribuir de manera sustancial al sector agrario cubano.

Aún resulta insuficiente la cantidad, calidad y variedad de alimentos producidos para satisfacer la demanda nacional de un país como Cuba, que tiene el imperativo de reducir las importaciones. Se hace necesario además producir estos alimentos con alta eficiencia y mínima utilización de insumos externos. A estos problemas se suman las dificultades con las cadenas productivas y los

mecanismos de comercialización. Una parte considerable de los alimentos que se producen se desperdicia debido a los aún deficientes mecanismos de transportación, conservación, procesamiento y almacenamiento. En sentido general, hay una falta de coherencia entre los modelos agrícolas diversificados, descentralizados y autosuficientes, y la infraestructura de apoyo disponible a diferentes escalas.

A pesar de que agricultores, investigadores, extensionistas y dirigentes innovadores han puesto en práctica numerosas alternativas sostenibles, estas aún no han contribuido de manera apreciable al desarrollo del sector. En este capítulo introduciremos algunos aspectos de esta problemática, que más adelante será analizada con mayor detalle, sin la pretensión de abarcar en toda su extensión un universo tan complejo. La intención es ofrecer puntos de vista y opiniones que podrían allanar el camino para tomar decisiones políticas conscientes relacionadas con la aplicación práctica de los conceptos agroecológicos en Cuba.

1.1 El modelo convencional

Entre 1960 y 1990 la agricultura cubana empleaba tecnologías intensivas, especializadas y dependientes de altos insumos externos. El modelo industrial permitió aumentar la productividad de la tierra y del trabajo; sin embargo, resultó ineficiente —en términos biológicos y económicos— y nocivo al medioambiente. La propia dependencia externa, la artificialización de los procesos productivos —a través de tecnologías costosas basadas en subsidios—, así como la débil conexión entre los factores biofísicos, organizativos y socioeconómicos, le confirieron al modelo una alta vulnerabilidad.

En la figura 1 se muestran los cuatro aspectos fundamentales del progreso técnico en el sector agrícola cubano mediante la implementación de sistemas de altos insumos. Durante la década de 1980, la intensidad del uso de fertilizantes (A) alcanzó niveles comparables con los de países europeos. A comienzos de los años setenta la densidad de tractores llegó a ser aproximadamente de 1 por cada 50 hectáreas, similar a la de los países más desarrollados (B). Obsérvese que en 1960 la situación en Cuba ya resultaba favorable en comparación con la región de Centroamérica y el Caribe, y la ayuda de los países socialistas permitió triplicar en una década la densidad de tractores. La intensidad de la fuerza de trabajo descendió a casi la mitad entre 1960 y 1975, para llegar, a finales de los ochenta, a valores solo ligeramente inferiores a los europeos, es decir, alrededor

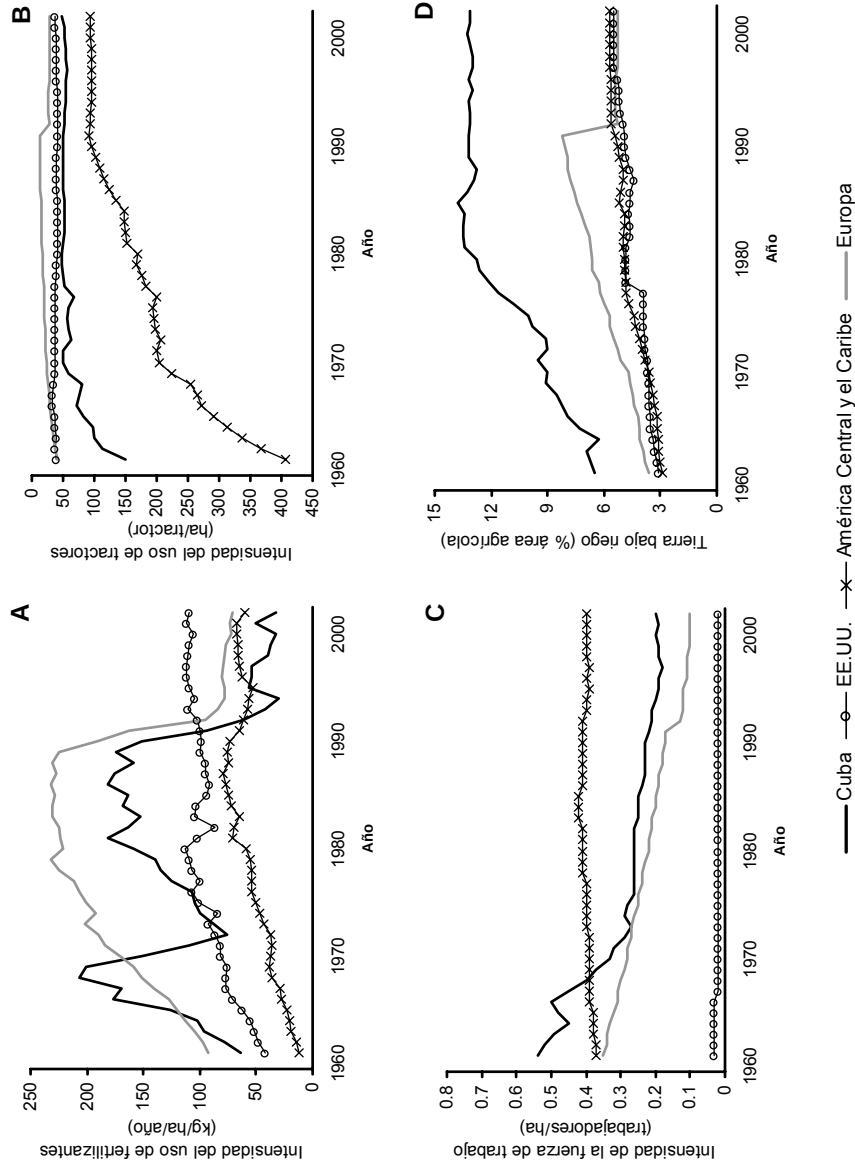


Figura 1. Evolución tecnológica del sector agrícola cubano antes y después del colapso de 1990 (Fuente: FAO, 2006). La intensidad del uso de fertilizantes se calculó como la cantidad de fertilizante nitrogenado (N), fosfórico (P_2O_5) y potásico (K_2O) por hectárea de tierra agrícola por año.

de 5 hectáreas por trabajador (C). Asimismo, la proporción de tierras irrigadas para la agricultura se duplicó entre 1960 y 1985, siendo más del doble que en los Estados Unidos, América Central, el Caribe y Europa (D).

Puede afirmarse que el modelo convencional alcanzó incrementos sustanciales en cuanto a la cantidad de tierras empleadas y a la productividad de la fuerza de trabajo, pero a un costo proporcional en insumos adquiridos a precios subsidiados. A cambio, Cuba exportaba a los países socialistas de Europa materias primas y productos agrícolas a precios preferenciales. En un inicio esta situación podría resultar favorable para la agricultura cubana, con un acceso casi ilimitado a tecnología, recursos financieros y energía en forma de subsidios. Sin embargo, se ha podido comprobar que este modelo creó una enorme dependencia con serias consecuencias en términos de inseguridad alimentaria, que se manifestó dramáticamente a inicios de la crisis de los noventa, cuando se puso en evidencia la fragilidad del modelo (figura 2).

Incluso, el empleo de tecnologías costosas y de altos insumos no alcanzó las expectativas y tuvo impactos ambientales negativos reportados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) en 1997. Entre los fundamentales se mencionan: reducción de la biodiversidad, contaminación de las aguas

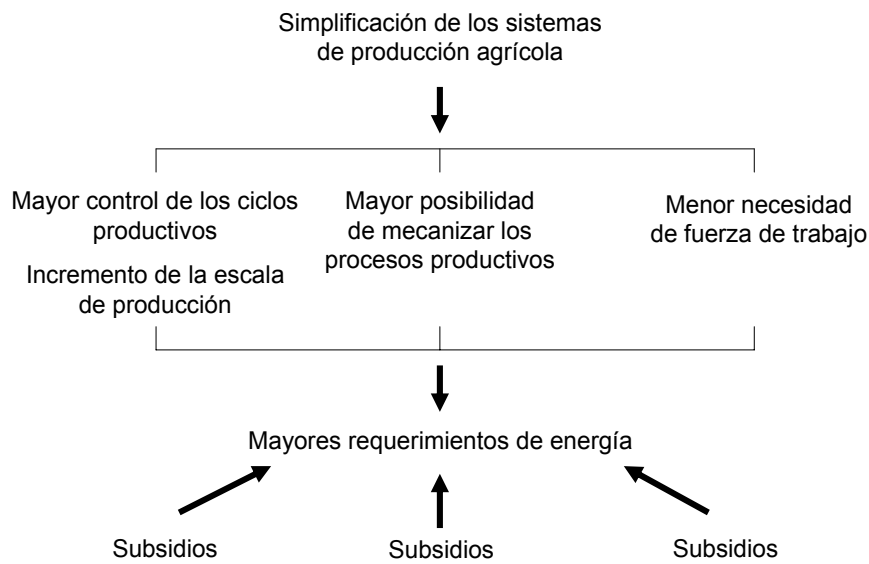


Figura 2. Los propósitos de la simplificación de los agroecosistemas se logran mediante el continuo subsidio en recursos energéticos y financieros, que en última instancia conducen a su insostenibilidad.

subterráneas, erosión de los suelos y deforestación. La aplicación de este modelo agrícola también derivó en serias consecuencias socioeconómicas, como la migración a gran escala de la población rural hacia las ciudades, que ocasionó la pérdida de muchos agricultores experimentados y, con ellos, sus conocimientos y tradiciones. A pesar de la alta calidad de la infraestructura instalada y de 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), fenómeno que fue objeto de discusión durante la formulación de un Programa Alimentario Nacional (ANPP, 1991; Monzote *et al.*, 2001).

1.2 El modelo emergente

La diversificación, la descentralización y la búsqueda de la autosuficiencia alimentaria han sido los factores que caracterizan al sector agrícola cubano de los últimos quince años (figura 3). Estos se expresaron con mayor claridad a inicios de los años noventa, como consecuencia de la crisis económica asociada al colapso de la Unión Soviética y los países socialistas de Europa.

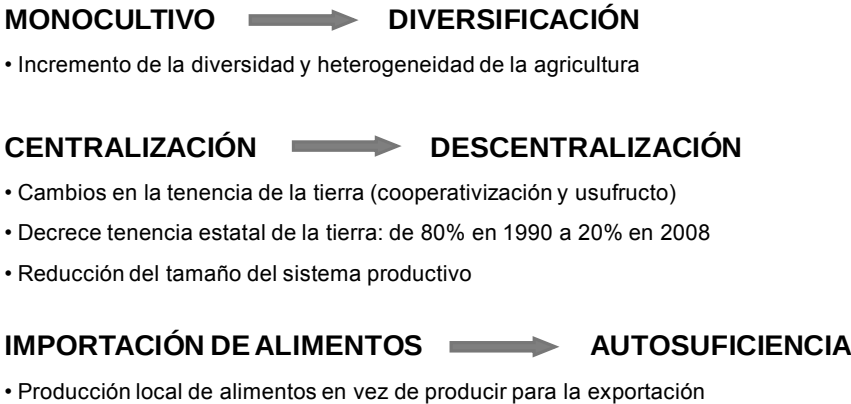


Figura 3. Tendencias fundamentales de la agricultura cubana (1990-2008).

La transición hacia la agricultura sostenible que tiene lugar en Cuba desde 1990 se ha caracterizado fundamentalmente por la necesidad de sustituir insumos químicos (importados) por biológicos (disponibles localmente). Las concepciones empleadas han estado guiadas por prácticas y métodos derivados de la agricultura orgánica y la agroecología. En este contexto, los

campesinos tradicionales a pequeña escala y los «nuevos» productores que cultivan la tierra en áreas urbanas y periurbanas, han desarrollado innovaciones tecnológicas para adaptar sus sistemas agrícolas a los limitados insumos externos disponibles, con fuerte énfasis en la protección ambiental y la agrodiversidad (Murphy, 1999; Cruz y Sánchez, 2001).

Varias combinaciones de la tecnología resultante han sido adaptadas por un amplio grupo de campesinos comprometidos que contó con el apoyo de instituciones científicas del Estado y organizaciones no gubernamentales (Rosset y Benjamin, 1994; Sinclair y Thompson, 2001; Funes *et al.*, 2001). La gestión de los recursos naturales bajo principios agroecológicos y formas participativas, se presenta como una metodología efectiva para convertir la agricultura cubana de un modelo vertical, dirigido a la exportación, centralizado y de altos insumos externos, a uno más horizontal, orientado al mercado local, descentralizado y de bajos insumos.

En este contexto, los sistemas diversificados e integrados de producción agrícola-ganadera ofrecen soluciones a muchos de los problemas propios de los sistemas especializados (Funes-Monzote, 2008). Los beneficios provienen del uso más intensivo de los recursos naturales disponibles a nivel de sistema, a través de interacciones más complejas y variadas. La intensificación sostenible, mediante el mejor uso de los recursos, tanto de la producción agrícola como animal, permite la autosuficiencia alimentaria familiar y local.

La obtención de alimentos y otros productos comercializables por vías agroecológicas, no solo contribuye a generar ingresos a partir de un uso racional de los recursos disponibles, sino que también tiene un enfoque de protección y servicio ambiental al conservar el suelo y la biodiversidad, además de contribuir a aumentar la cubierta forestal.

Las fincas pequeñas y medianas, altamente diversificadas, heterogéneas y complejas, han demostrado que pueden alcanzar niveles de eficiencia productiva y de recursos más elevados que los sistemas especializados de agricultura y ganadería a mayor escala. En el año 2006 se reconoció oficialmente que los pequeños campesinos, con la mitad de la tierra en uso agrícola (25% del total), eran responsables del 65% de la producción global agropecuaria (Pagés, 2006a). En la ganadería vacuna, con alrededor del 13% de las áreas de pastos (unas 300 mil hectáreas), el sector campesino cooperativo poseía el 43.5% del rebaño nacional (González *et al.*, 2004; ONE, 2007) y en marzo de 2008 esta cifra ya era del 55% (ONE, 2008). En el año 2009, después del proceso de entrega de tierras en usufructo —al que luego nos referiremos con mayor detalle—, el sector campesino ya produce el 96% del tabaco, el 70% de la carne

de cerdo, el 60% de las viandas y hortalizas y el 59% de la leche de vaca. Además, posee el 90% del ganado menor y el 62% de la masa vacuna (González, 2009a).

Actualmente se reconoce que más del 80% de las tierras en uso se manejan en un esquema cooperativo, donde los productores toman la mayoría de las decisiones de forma descentralizada, lo cual ha tenido un efecto notable en el incremento de la productividad.

Tal vez el éxito de los pequeños agricultores resida en los continuos procesos de innovación y adaptación que desarrollan, al generar soluciones a los problemas que surgen en el día a día (Ríos, 2004). En este sentido, es importante facilitar y documentar estos programas, así como implementar investigaciones conjuntas en busca de estrategias de gestión adecuadas. Una apertura mayor de la economía agraria pudiera estimular la implementación de estrategias locales a una escala superior. También resulta necesario incorporar metodologías de investigación y aplicar el conocimiento científico dentro de un marco más integrador. De ahí que los científicos deban participar y aprender de los procesos dinámicos y multifuncionales para los cuales la ciencia clásica no posee todas las respuestas. Este libro documenta la manera en que el conocimiento local disponible «funciona» desde el punto de vista científico.

1.3 Dependencia de importaciones

De acuerdo con datos oficiales, la economía cubana creció a un ritmo promedio anual del 10% en el período 2005-2007. Esto fue posible a pesar de las adversas condiciones climáticas, como la peor sequía en cien años y tres huracanes que causaron pérdidas estimadas en 3.6 mil millones de USD (alrededor del 7.9% del producto interno bruto en 2005) (CEPAL, 2006). En la estación lluviosa de 2007 se reportaron las mayores precipitaciones registradas en la historia del país y la producción agrícola resultó gravemente afectada. Pese a que en el año 2008 Cuba recibió el impacto de los huracanes Ike y Gustav, con pérdidas calculadas en 10 mil millones de USD, la economía creció. Estos datos muestran la limitada contribución de la agricultura en la economía nacional. La presencia del sector agrícola a pequeña y mediana escala, que sufrió menos daños y pudo recuperarse con mayor rapidez, de cierta forma amortiguó el impacto (Funes-Monzote, 2007).

En los últimos años, los principales impulsores del crecimiento económico cubano han sido el sector turístico, con un incremento aproximado de

0.2 mil millones de USD en 1994 a 2 mil millones de USD en 2004 (Quintana *et al.*, 2005), y el capital social —médicos, maestros, entrenadores deportivos y técnicos—. Así, en 2005 el 70% del producto interno bruto correspondió al sector de los servicios (IPS, 2006). Los economistas interpretaron esto como un indicador del paso de una economía basada en la producción, a una basada en los servicios. También han contribuido a la recuperación económica la alianza política y comercial con Venezuela, el logro de un 50% de autosuficiencia energética, los acuerdos bilaterales con China y Brasil, así como la diversificación de los mercados importadores y exportadores. Pero ¿qué implica todo esto para la agricultura?

A pesar de los reconocidos avances logrados por la agricultura sostenible de bajos insumos, su impacto en la economía agraria cubana sigue siendo limitado. Aún se importa cerca del 50% de los alimentos para satisfacer la demanda nacional —en el período 1997-2007 crecieron sostenidamente de 0.7 a 1.5 mil millones de USD, en proporción al incremento de la capacidad de compra del país—. Ahora bien, la inestabilidad en los mercados agroalimentarios internacionales entre 2007 y 2008, así como la creciente dependencia de las importaciones, amenazaron la soberanía nacional. Esta situación condujo a declaraciones oficiales que destacaron la necesidad impostergable de priorizar la producción de alimentos con los recursos disponibles, estrategia que convierte a la agricultura sostenible en política de Estado en aras de alcanzar la seguridad alimentaria en un período de crecimiento económico (Castro, 2008).

No obstante los incuestionables avances de la agricultura sostenible en Cuba, así como la disponibilidad de pruebas suficientes sobre la efectividad de las alternativas agroecológicas (Funes *et al.*, 2001), aún estos sistemas no cuentan con el apoyo suficiente que les permita expresar su potencial para lograr la seguridad alimentaria. El contexto actual requiere que se analicen las mejores alternativas para, de manera gradual y sostenida, destinar parte de los fondos dedicados a la importación de alimentos a sistemas productivos que realmente logren un uso eficiente de estos recursos.

1.4 Oportunidad histórica

Cuba tiene la oportunidad histórica de implementar un modelo agroecológico a escala nacional. La experiencia acumulada en el sector agrícola a pequeña y mediana escala durante los últimos quince años es un valioso punto de partida

para definir políticas nacionales en aras de alcanzar esa meta. El país cuenta con suficiente tierra para satisfacer las necesidades alimentarias de sus once millones de habitantes. A pesar de la erosión de los suelos, la deforestación y los efectos negativos sobre la biodiversidad antes mencionados, las condiciones del país son aún excepcionalmente favorables para la agricultura. Cerca de seis millones de hectáreas de tierra en áreas llanas y otro millón en áreas con pendientes ligeras, están aptas para el cultivo. En el año 2008, más de la mitad de esta tierra permanecía sin cultivar, y en la mayor parte del área restante la productividad de la fuerza de trabajo y de la tierra, así como la eficiencia en el uso de los recursos, eran sumamente bajas. Según un estudio, de las más de tres millones de hectáreas que no se cultivaban —alrededor de la mitad de los suelos agrícolas—, un millón 691 mil hectáreas que pertenecían al Estado fueron declaradas ociosas (González, 2009b).

Esta situación motivó el Decreto-Ley 259, que regula la entrega de tierras ociosas en usufructo a aquellas personas que desean cultivarlas. Como resultado de su aplicación, a principios de julio de 2009 alrededor del 40% de estas tierras —casi 700 mil hectáreas— fueron entregadas a personas que las solicitaron (González, 2009c). La información, publicada en el periódico *Trabajadores*, indica que de un total de 110 mil 463 solicitudes, hasta junio de 2009 se aprobaron entregas a 78 mil 113 personas naturales y jurídicas, con la máxima prioridad estatal. Alrededor de 65 mil nuevos productores agrícolas beneficiados por este programa ya están asociados a Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) y siguen como modelo los métodos y prácticas desarrollados tradicionalmente por el sector campesino.

En resumen, durante los últimos cincuenta años la agricultura cubana ha experimentado dos modelos extremos en intensidad para la producción de alimentos. El primero, caracterizado por un enfoque intensivo de altos insumos; el segundo, a partir de 1990, orientado a la agroecología y basado en bajos insumos. El sector agrícola cubano ha sido el único del mundo en sufrir una disminución tan dramática en intensidad y escala que lo ubica en una etapa post-industrial. No obstante, ello ha servido como excepcional punto de partida para que emerja un modelo consistente de agricultura sostenible a escala nacional, capaz de contribuir en gran medida a la autosuficiencia alimentaria. Es el momento de apostar por una agricultura con futuro.

II. Transición hacia la agricultura sostenible

La experiencia cubana es el mayor intento en la historia de la humanidad de convertir la agricultura convencional en orgánica o semiorgánica. Debemos seguir de cerca tanto sus éxitos como sus errores para aprender de ellos.

PETER ROSSET y MEDEA BENJAMIN:
The Greening of the Revolution, 1994

La historia de Cuba está caracterizada por una larga tradición agroexportadora, de monocultivos y de extracción indiscriminada de recursos naturales (Le Riverend, 1970; Moreno Fraginals, 1978; Marrero, 1974-1984). Estos modelos agrícolas de corte colonial, practicados durante cuatro siglos, generaron una alta dependencia de insumos importados y a su vez provocaron la degradación de los suelos, la disminución de la biodiversidad y la reducción drástica de la cubierta forestal (CITMA, 1997; Funes Monzote, 2008).

Sin embargo, durante los últimos quince años el desarrollo agrícola ha sido reorientado (Rosset y Benjamin, 1994; Funes *et al.*, 2001; Wright, 2005). Hoy, la producción agrícola cubana se preocupa, como nunca antes, por la autosuficiencia alimentaria y la protección ambiental. En 1993 tuvo lugar un proceso de descentralización masivo que traspasó más del 40% de las tierras estatales a formas cooperativas de producción. En 1994 fue instituido el Programa Nacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo —la versión cubana de la Agenda 21 de la Organización de Naciones Unidas—, y dos años después fue aprobada la Estrategia Ambiental Nacional (Urquiza y Gutiérrez, 2003). En 1997, la «Ley de Medio Ambiente» se convirtió en política de Estado (*Gaceta Oficial*, 1997). A pesar de que la protección ambiental no se practica con todo el rigor que se debiera, la ayuda gubernamental para preservar el medio ha contribuido a que la agricultura cubana transite sobre bases más sostenibles.

Desde sus inicios, la Revolución Cubana tuvo el propósito de resolver los principales problemas de la agricultura: la propiedad nacional y foránea (sobre todo estadounidense) de grandes extensiones de tierra (latifundios) y la falta de diversificación (Anónimo, 1960; Valdés, 2003). A pesar de estas intenciones, la rápida industrialización de la agricultura, basada en métodos convencionales, tendió a concentrar como nunca antes la tierra en grandes empresas estatales. Si bien el modelo estatal aumentó los niveles de producción y la calidad de vida en el medio rural, terminó creando consecuencias económicas, ecológicas y sociales negativas que no pueden ignorarse.

La excesiva aplicación de insumos agroquímicos importados, la implementación de sistemas de producción de monocultivo y a gran escala, la concentración de los agricultores en las ciudades y pueblos rurales, así como la dependencia de pocas exportaciones, hicieron vulnerable el modelo agrícola convencional establecido en todo el país. Esta vulnerabilidad fue más evidente a inicios de los años noventa, con la desintegración del bloque socialista europeo y de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), cuando desapareció la mayoría de los insumos con precios preferenciales, tanto materiales como financieros. La agricultura cubana, junto con otras ramas de la economía, entró en la mayor crisis de la historia reciente. Esta situación originó condiciones excepcionales para la construcción de un modelo agrícola alternativo y mucho más sostenible a escala nacional.

La transformación ocurrida en el campo cubano durante la última década del siglo XX e inicios del XXI es un ejemplo de conversión a gran escala: de un modelo altamente especializado, convencional, industrializado y dependiente de insumos externos, a uno basado en los principios agroecológicos y de la agricultura orgánica (Altieri, 1993; Rosset y Benjamin, 1994; Funes *et al.*, 2001). Numerosos estudios atribuyen el éxito de esta conversión a la forma de organización social empleada y al desarrollo de tecnologías ambientalmente apropiadas (Deere, 1997; Pérez Rojas *et al.*, 1999; Sinclair y Thompson, 2001; Funes *et al.*, 2001; Wright, 2005).

A diferencia de los movimientos aislados de agricultura sostenible desarrollados en otros países, Cuba ha protagonizado un movimiento masivo y de amplia participación popular, donde la producción agraria se consideraba clave para la seguridad alimentaria de la población. En sus etapas más tempranas, la transformación del sistema agrícola consistió básicamente en la sustitución de insumos químicos por biológicos y en el empleo más eficiente de los recursos disponibles. Mediante estas estrategias, se han alcanzado numerosos objetivos de la agricultura sostenible. La persistente carencia de

insumos externos y la implementación de sistemas de producción diversificados han favorecido la proliferación de prácticas agroecológicas innovadoras en todo el país.

2.1 Condiciones geográficas y biofísicas

Cuba es la mayor de las islas del Caribe, con un área total de 110 860 km². El país está dominado por extensas planicies, que ocupan alrededor del 80% de su superficie, y tres sistemas montañosos principales y bien definidos: uno en el occidente; otro al centro y otro en el oriente.

De acuerdo con el sistema de clasificación reconocido por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el clima de Cuba es tropical de sabana (Aw). Excepto en algunas áreas específicas, toda la isla tiene la influencia del océano Atlántico. Cerca del Trópico de Cáncer y de la Corriente del Golfo, recibe los efectos destructivos de las tormentas tropicales y de los huracanes (con vientos de 150 a 200 km/h y más), así como severas sequías que afectan directamente la actividad agrícola y la infraestructura en general. El clima se caracteriza por una estación lluviosa, con altas temperaturas y fuertes precipitaciones entre mayo y octubre (70% de la lluvia total anual), y una estación seca, de noviembre a abril, con pocas precipitaciones y temperaturas más frescas (tabla 1).

A pesar de que La Habana es el principal centro económico, cada una de las catorce provincias del país es importante desde el punto de vista agrícola, cultural y económico. La densidad de población es más alta en Cuba (102 habitantes/km²) que en México (50), América Central (68) y América del Sur (17), pero más baja que en el promedio de la región del Caribe (139) (FAO, 2006). Lo que es aún más importante: Cuba tiene un alto porcentaje de tierra cultivable, de manera que se cuenta con una hectárea apta para la agricultura en llanuras para alimentar a menos de dos personas por año.

Tabla 1. Características demográficas, fisiográficas y climáticas de Cuba

Datos generales		Clima		
Longitud del país, km	1 250	Estación		
Área, km²	110 860		Lluvia	Seca
Elevación más alta, msnm	1974	Precipitaciones, mm	1104	316
Población, millones	11.3	Temperatura media, °C	26.9	23.2

Fuente: ONE, 2004.

Mientras que solo el 34% del área total de América Latina es considerada apta para uso agrícola, en Cuba es casi el doble (aproximadamente el 60%). Sin embargo, la despoblación de las áreas rurales alcanza dimensiones similares a la de muchos países industrializados. De acuerdo con el último censo nacional, en la actualidad menos del 25% de la población vive en asentamientos rurales, solo el 11% trabaja en el sector agrícola y probablemente menos del 6% se vincula directamente con estas actividades (ONE, 2004; Calzadilla, 2005).

Los suelos de Cuba son heterogéneos. La fertilidad del área cultivable total, de acuerdo con los nutrientes disponibles, se clasifica como: 15% alta, 24% media, 45% baja y 14% pobre (CITMA, 1998). Según esta fuente, los suelos cubanos son predominantemente Oxisoles y Ultisoles (68%) y en las áreas restantes son Inceptisoles y Vertisoles. El escaso contenido de materia orgánica, la baja fertilidad, la erosión y el pobre drenaje se consideran los factores limitantes de los suelos agrícolas (tabla 2). A pesar de ello, Cuba posee un medioambiente natural excepcional para la agricultura. Debido a sus condiciones y a la diversidad de plantas y animales empleados para propósitos agrícolas, es posible desarrollar la agricultura y la ganadería al aire libre durante todo el año. Por otra parte, la amplia infraestructura de carreteras y caminos con acceso al mar, la existencia de grandes reservas de agua embalsada para la irrigación, el extenso sistema de electrificación rural, así como la elevada inversión en facilidades agrícolas y la amplia red de instituciones científicas, son precondiciones valiosas para incrementar la producción agrícola en Cuba.

Tabla 2. Principales factores limitantes de los suelos cubanos

Factor	Área agrícola afectada	
	millones ha	Porcentaje del total
Salinidad y sodicidad	1.0	14.9
Erosión (muy fuerte o media)	2.9	43.3
Pobre drenaje	2.7	40.3
Baja fertilidad	3.0	44.8
Compactación natural	1.6	23.9
Acidez	2.1	31.8
Muy bajo contenido de materia orgánica	4.7	69.6
Baja retención de humedad	2.5	37.3
Áreas rocosas	0.8	11.9

Fuentes: CITMA, 1998; ONE, 2004.

2.2 Breve historia de la agricultura cubana

Se estima que a la llegada de los europeos, entre el 60 y el 90% de Cuba estaba cubierta por bosques (Risco, 1995). En un inicio, los conquistadores congregaron a los indígenas en las llamadas vecindades o reservas, en las cuales la mayoría de los habitantes continuó empleando métodos agrícolas tradicionales.¹ Como colonizadores, los españoles se convirtieron en terratenientes, empleando sistemas básicamente integrados denominados estancias, con una alta proporción de cultivos (Le Riverend, 1970). La transición de la agricultura indígena a la nueva forma implantada por los españoles puede considerarse el primer paso en el proceso de conversión hacia prácticas agrícolas europeas.

A principios del siglo XVII, la agricultura comercial experimentó un desarrollo más rápido con la llegada de la producción azucarera y tabacalera a las estancias (Le Riverend, 1992; Marrero, 1974-1984; Funes Monzote, 2008). La Revolución Haitiana de 1791 dio a Cuba la apertura que necesitaba para comenzar a competir con las colonias francesas como el principal productor y exportador de azúcar del mundo. El consecuente establecimiento de plantas procesadoras de azúcar en el campo cubano condujo a la transformación radical de la estructura agrícola y al salto definitivo de la economía colonial cubana.

Las grandes extensiones de tierra dedicadas a la ganadería, intercaladas con bosques y pastos, fueron subdivididas en propiedades más pequeñas. El aumento de la producción y especialización en azúcar de caña acentuó el impacto social y ambiental que ha acompañado a esta industria desde sus inicios. Las tempranas críticas al sistema se basaron en el daño a los recursos naturales, específicamente la destrucción de los bosques y el abandono de tierras «cansadas» e improductivas (Sagra, 1831; Reynoso, 1963).

La concentración y la centralización de la producción azucarera continuaron durante el siglo XX. Luego de que Cuba alcanzó la independencia de España en 1898, el capital norteamericano estableció grandes latifundios azucareros en el oriente del país, que hasta ese momento había sido el área menos explotada con fines agrícolas. Durante las primeras dos décadas del siglo XX la siembra de caña de azúcar produjo la más intensa deforestación en la historia de Cuba. Alrededor de 1925, la mayor parte de las llanuras cubanas estaba plantada de caña. Las propiedades más extensas, que ocupaban

¹ El sistema agrícola más comúnmente empleado por indígenas cubanos era el de los camellones, que consistían en montículos de tierra y materia orgánica donde plantaban la semilla o la yema de la planta en cuestión. Estas comunidades precolombinas aplicaban el sistema de tumba y quema para establecer cultivos a pequeña escala, especialmente de yuca y maíz.

el 70% de la tierra agrícola, se dedicaban básicamente a la ganadería y el azúcar. Poco más del 1% de los propietarios poseían el 50% de las tierras, mientras el 71% tenía solo el 11% (Valdés, 2003).

Sin embargo, los latifundios agrícolas eran ineficientes para la producción de alimentos, y muchas de estas grandes fincas (cerca del 40%) fueron gradualmente abandonadas. Mientras, el sector campesino, que practicaba una agricultura diversificada con estrategias integradas tradicionales, tenía un considerable impacto en la economía agraria. De acuerdo con el censo agrícola de 1946, casi el 90% de las fincas eran diversificadas. Con un tamaño entre 5 y 75 hectáreas, una producción integrada y mejor eficiencia organizativa, generaban alrededor del 50% de la producción agrícola total del país con solo el 25% del área cultivable en uso (CAN, 1951).

A pesar de la existencia de muchas pequeñas fincas diversificadas, la estructura de tenencia y el modelo económico exportador contribuyeron a la creación de un sector agrícola que se especializó en unos pocos cultivos. El campo cubano se caracterizaba por la dependencia económica y política de los Estados Unidos, la escasez de alimentos de subsistencia, la inequidad social y una alta tasa de desempleo durante el «tiempo muerto» (meses durante los cuales no se procesaba azúcar). Esta inestable situación influyó considerablemente en el triunfo de la Revolución Cubana de 1959, de carácter agrario, popular y antiimperialista.

2.3 Escenario posterior al triunfo de la Revolución

Reformas agrarias

El gobierno revolucionario adoptó dos leyes de Reforma Agraria que otorgaron la propiedad de la tierra a los campesinos que la trabajaban, lo que redujo considerablemente el tamaño de las fincas. La primera, firmada en mayo de 1959, limitó la tenencia de tierra a alrededor de 400 hectáreas. Luego, en 1963, la segunda ley estableció un máximo de 67 hectáreas con el objetivo de eliminar la clase social terrateniente y la explotación de los campesinos (Anónimo, 1960; Valdés, 2003). En la primera etapa, el 40% de la tierra cultivable fue expropiada a compañías y grandes propietarios privados. En la segunda etapa, otro 30% de la tierra pasó a manos del Estado (Valdés, 2003).

En ese momento había cuatro objetivos priorizados para la transformación de la agricultura: 1) satisfacer las necesidades crecientes de la población, 2) generar divisas convertibles con la exportación de los productos, 3) obtener

materias primas para la industria de procesamiento de alimentos y 4) erradicar la pobreza del campo (Anónimo, 1960). Se desarrollaron varios enfoques educativos, culturales y económicos, incluyendo las campañas de alfabetización, el desarrollo de comunidades rurales para brindar servicios sociales y de salud a los campesinos, la construcción de miles de kilómetros de nuevas carreteras y la electrificación de las áreas rurales (Anónimo, 1987).

El modelo agrícola convencional

A pesar de que el gobierno expresó oficialmente su propósito de diversificar la agricultura, en la práctica imperó el monocultivo a gran escala. Los compromisos de exportar materias primas como azúcar, cítricos, café, tabaco y otros al Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME) del bloque de países socialistas, forzaron a Cuba a cumplir planes quinquenales con altos costos ambientales. De ahí que la dependencia de alimentos procesados importados de Europa del Este alcanzara niveles sin precedentes (Espinosa, 1992).

La aplicación de los conceptos de la revolución verde fue posible gracias a las fuertes relaciones con la URSS y los países socialistas de Europa. Como política nacional, Cuba adoptó la tendencia mundial de sustituir capital por fuerza de trabajo y así aumentar la productividad. Este método se caracterizó por la mecanización y el manejo agroquímico de los procesos agrícolas a gran escala, con una alta aplicación de insumos externos en monocultivos. La adopción del modelo industrializado de agricultura, junto con el incremento de las importaciones de alimentos, permitió elevar el consumo energético per cápita de 10.7 MJ/día a 11.9 MJ/día. El consumo proteico per cápita también aumentó en el mismo período: de 66.4 g/día a 76.5 g/día. A pesar de este progreso, las tasas de consumo per cápita fueron insuficientes para las necesidades nutricionales, calculadas en 12.4 MJ/día de energía y 86.3 g/día de proteína (Pérez Marín y Muñoz, 1991).

Durante los años ochenta, el 87% del comercio exterior se desarrolló con los países socialistas de Europa a precios favorables, y solo el 13% con otras naciones a precios del mercado mundial (Lage, 1992). En 1988, Cuba envió el 81.7% de todas sus exportaciones al bloque socialista, mientras el 83.8% de sus importaciones totales provinieron de esos países (Pérez Marín y Muñoz, 1991). El acuerdo con el CAME permitía a Cuba vender sus productos en el mercado socialista a altos precios, mientras las importaciones se realizaban a bajos costos.

La dependencia de unos pocos productos de exportación fue alta, y la tierra dedicada a cumplir estos propósitos era considerable. Tres de los principales

cultivos de exportación —azúcar, tabaco y cítricos— cubrían el 50% de la tierra agrícola. La importación en grandes cantidades de petróleo, maquinaria y diversas materias primas resultaba favorable para Cuba en términos económicos, pero no para su autosuficiencia alimentaria. Bajo estas condiciones, el país importaba el 57% de sus requerimientos de proteína y más del 50% de la energía, aceites comestibles, productos lácteos y carnes (PNAN, 1994). También se importaban fertilizantes, herbicidas y concentrados para alimentar el ganado y sostener una producción agropecuaria altamente subsidiada.

Ya en la década de 1970, las instituciones de investigación cubanas comenzaron a estudiar los conceptos de disminución y sustitución de insumos externos. Las políticas y la investigación comenzaron a prestar atención a las implicaciones económicas de la sustitución de materias primas locales por importadas. Sin embargo, a finales de los años ochenta, la agricultura cubana continuaba caracterizándose por una alta concentración de la tierra en manos del Estado (80% del área total pertenecía al sector estatal), altos niveles de mecanización (un tractor por cada 125 hectáreas de tierra agrícola), especialización agrícola y alto uso de insumos (1.3 millones de toneladas de fertilizantes, 80 millones de USD en pesticidas, 1.6 millones de toneladas de concentrados para la alimentación animal y 13 millones de toneladas de petróleo por año) (Lage, 1992).

Consecuencias y colapso

La continua aplicación de este modelo agrícola acarreó severas consecuencias económicas, ecológicas y sociales. Entre las más importantes se encuentran la salinización (un millón de hectáreas afectadas), la erosión del suelo de moderada a severa, la compactación del suelo con su consiguiente infertilidad, la pérdida de biodiversidad y la deforestación de la tierra agrícola (CITMA, 1997). Entre 1956 y 1989 se produjo un acelerado éxodo hacia áreas urbanas, lo que provocó una disminución de la población rural de 56 a 28%, y a menos de 20% a mediados de los años noventa (Funes *et al.*, 2001).

Como resultado de este conjunto de factores, a finales de la década de 1980 los rendimientos agrícolas y ganaderos comenzaron a decrecer y, en consecuencia, también disminuyó la eficiencia económica (Pérez Marín y Muñoz, 1991). El modelo agrícola convencional, que había sido aplicado más o menos por espacio de veinticinco años, demandaba mayores cantidades de insumos químicos y de capital para mantener estables sus rendimientos. La depresión de la producción agrícola provocó la escasez en los mercados.

Para aliviar esta situación y cubrir la demanda interna, se inició un Programa Alimentario con la intención de recuperar la infraestructura y el volumen de la producción (ANPP, 1991). Originalmente, este programa se basó en el enfoque convencional de altos insumos, pues podía contar con abundantes recursos traídos del exterior. Incluso cuando la desintegración del socialismo en Europa del Este y la URSS derivó en la pérdida de estos insumos, el gobierno decidió «continuar desarrollando el Programa Alimentario a pesar de lo difíciles que puedan ser las condiciones que debamos enfrentar» (ANPP, 1991). Por supuesto, sin la ayuda esperada, sería necesario ajustar seriamente la tecnología y la estructura de producción.

El inesperado derrumbe de los países socialistas europeos y de la URSS, puso en evidencia las contradicciones y vulnerabilidades del modelo agrícola que Cuba había desarrollado. La Isla perdió sus principales mercados y las garantías que estos países le habían proporcionado en el pasado. La capacidad de compra en el extranjero se redujo drásticamente de 8 100 millones de USD en 1989 a 1 700 millones en 1993, una disminución de casi el 80%. En ese año se destinaron 750 millones de USD a la compra de combustible para la economía nacional y 440 millones a alimentos básicos (Lage, 1992; PNAN, 1994).

Aunque la agricultura a pequeña y mediana escala mostró mayor resiliencia a la crisis, en 1989 este sector representaba solo el 12% del área de la tierra agrícola total. Las restantes áreas cultivables, que se manejaban con métodos de altos insumos, industrializados y a gran escala, colapsaron dramáticamente. Uno de los primeros efectos fue la deficiencia calórica, la consecuente pérdida de peso extendida entre la población y la aparición de muchas enfermedades como resultado del bajo consumo de ciertos nutrientes (OPS, 2002; Arnaud *et al.*, 2001) (tabla 3). Sin embargo, las consecuencias de la crisis en la seguridad alimentaria habrían sido mucho más dramáticas sin el sistema de racionamiento gubernamental, que aseguró el acceso equitativo a los alimentos y evitó una hambruna (Rosset y Benjamin, 1994; PNAN, 1994; Wright, 2005).

A pesar de las dificultades económicas, durante este período el gobierno continuó reforzando los programas sociales. Muestra de ello fue la reducción, casi a la mitad, de la mortalidad infantil en el primer año de vida: de 11.1 por cada mil nacidos vivos en 1989 a 6.4 al cierre de 1999 (*Granma*, 2000). A principios de los años noventa fue necesario tomar severas acciones económicas para mantener las garantías sociales principales mientras se intentaba reconstruir la economía cubana.

Tabla 3. Comparación de niveles nutricionales per cápita por día en 1987 y 1993

Nutriente	Necesidades nutricionales*	Porcentaje de satisfacción de necesidades reconocidas	
		1987	1993
Calorías	12.4 MJ	97.5	62.7
Proteínas	86.3 g	89.7	53.0
Grasas	92.5 g	95.0	28.0
Hierro	16 mg	112.0	68.8
Calcio	1 123 mg	77.4	62.9
Vitamina A	991 mg	100.9	28.8
Vitamina C	224.5 mg	52.2	25.8

Fuentes: PNAN, 1994; Pérez Marín y Muñoz, 1991.

* Las necesidades nutricionales para la población cubana (Porrata *et al.*, 1996) se definieron por las normas de la FAO (FAO/WHO/UNU, 1985).

En respuesta a la precaria situación alimentaria, se estableció el Programa Nacional de Acción para la Nutrición (PNAN), resultado de compromisos hechos ante la Conferencia Internacional para la Nutrición celebrada en Roma en 1992. Su objetivo era paliar las consecuencias de la crisis a través de las siguientes estrategias básicas (PNAN, 1994):

- Fortalecer la política agraria mediante la descentralización de la tenencia y gestión de tierra, y diversificar la producción agrícola.
- Motivar a la población a participar en las labores agrícolas.
- Incentivar la creación de autoabastecimientos o huertos familiares con el objetivo de satisfacer las necesidades de áreas residenciales e instituciones públicas.
- Promover el desarrollo sostenible y compatible con el medioambiente.
- Reducir las pérdidas post-cosecha a través de la venta directa de productores a consumidores en las ciudades (agricultura urbana).
- Incorporar los objetivos nutricionales a los programas de desarrollo agrícola.

Muchas de estas medidas tomadas por el Estado contribuyeron a la proliferación de una agricultura más sustentable. Sin embargo, el éxito de estas estrategias ha sido ensombrecido por varios factores, entre ellos la dificultad para adaptar la agricultura especializada de gran escala a las nuevas prácticas,

la falta de recursos financieros y materiales para promover estas soluciones, y la limitada fuerza de trabajo en el campo.

2.4 Cambios en las estructuras productivas agrarias

En general, se tomaron medidas técnicas y organizativas para reducir el impacto de la crisis en la agricultura. La descentralización y reducción en escala de las grandes empresas estatales era una necesidad debido a su ineficiencia. En 1993 el gobierno creó las Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC). Esta fue una medida eficaz que otorgó derechos de usufructo (uso gratuito de la tierra durante un tiempo «indefinido») a los campesinos que habían trabajado en las empresas agropecuarias estatales. La distribución de la tierra brindó oportunidades a las personas interesadas en regresar al campo. En lo adelante, se crearon diez formas distintas de organización en la agricultura cubana, que coexistieron en tres sectores: el estatal, el no estatal y el mixto (tabla 4).

Estos cambios en la estructura agraria del país se caracterizaron por la transferencia de la tierra estatal a otros sectores. En enero de 1995 se habían concedido los derechos de usufructo del 58% de la tierra cultivable que controlaba el Estado a inicios de 1990 (constituía, en ese momento, el 83% del total).

Tabla 4. Organización de la agricultura cubana

Sector estatal		Fincas estatales.
		Granjas Estatales de Nuevo Tipo (GENT).
		Fincas de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (FAR), incluyendo fincas del Ejército Juvenil del Trabajo (EJT) y del Ministerio del Interior (MININT).
		Fincas de autoabastecimiento en centros de trabajo e instituciones públicas.
Sector no estatal	Producción colectiva	Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC). Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA).
	Producción individual	Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS).
		Campesinos individuales, en usufructo. Campesinos individuales, propiedad privada.
Sector mixto		Joint ventures entre capital estatal y extranjero.

Fuente: Martín, 2001.

Los cambios en la estructura de tenencia de la tierra y de las formas organizativas empleadas, han sido denominados por los estudiosos del tema como «la tercera reforma agraria» (Valdés Paz, 2005). Un análisis cronológico del porcentaje del área agrícola nacional muestra que las UBPC predominaron rápidamente (tabla 5). Durante un período de cinco años, se incorporaron a estas unidades unos ciento cincuenta mil trabajadores (Pérez Rojas *et al.*, 1999). Si se comparan con las empresas estatales, las UBPC son una forma de producción más descentralizada (Villegas, 1999). El sector campesino también aumentó el área de tierra en el proceso de redistribución, un reconocimiento a su capacidad de gestión y papel creciente en la producción de alimentos.

Con la creación de las UBPC, el Estado buscó mejorar la gestión de la producción y ahorrar sus escasos recursos. El tamaño de las grandes empresas de cultivos varios se redujo diez veces, mientras que el de las empresas ganaderas disminuyó veinte veces como promedio, alcanzando una extensión similar a la de las Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) que habían existido durante más de veinte años con razonables niveles de producción y eficiencia (tabla 6).

Tabla 5. Porcentaje de tierra cultivable en Cuba por forma de propiedad, 1989-2008

Forma de propiedad de la tierra	1989-1992	1993	2000	2008
Estatal	83	47.5	33.1	23.2
Otras organizaciones estatales		9.0		
UBPC	–	26.5	40.6	39.8
CPA	12	7.0	26.3	37.0
CCS		10.0		

Fuentes: PNAN, 1994; Pérez Rojas *et al.*, 1999; ONE, 2004; ONE, 2008.

Tabla 6. Tamaño promedio (hectáreas) de las empresas estatales, UBPC y CPA

Actividad principal	Empresas estatales	UBPC	CPA
	1989	1994	1994
Arroz	27 200	5 040	–
Café	–	429	470
Cítricos y frutales	17 400	101	577
Cultivos varios*	4 300	416	483
Ganadería	28 000	1 597	631
Tabaco	3 100	232	510

Fuente: PNAN, 1994.

* Tubérculos, raíces, vegetales, plátano, granos y semillas (frijol, maíz, soya, girasol, ajonjolí, etc.).

La estrategia de dividir la tierra en parcelas menores dentro de las UBPC se basó en la mayor factibilidad de la producción a pequeña escala. Pero, incluso con estas reducciones, el tamaño promedio de las UBPC era todavía grande para la mayoría de las actividades agrícolas, y la falta de recursos hizo que muchas de ellas fueran difíciles de administrar. Esta situación condujo a un proceso aún no concluido de cambios en las estructuras agrarias. Como empresas agrícolas gestionadas por los propios cooperativistas, las UBPC facilitaron un mejor manejo de los recursos naturales y la toma de decisiones.

La menor escala de las UBPC, junto con su mayor diversificación y uso más racional de insumos, maquinaria e infraestructura, posibilitó incrementos en la productividad, lo que ayudó a mitigar las pérdidas en insumos externos y capital. Sin embargo, durante más de diez años el modelo de las UBPC estuvo lejos de alcanzar sus beneficios potenciales, puesto que reprodujo muchos métodos organizativos empleados en las empresas estatales (Pérez Rojas y Echevarría, 2000). La falta de un sentido de pertenencia, la persistente dependencia de insumos externos y la limitada toma de decisiones, afectaron su funcionamiento (*Granma*, 1997).

En resumen, aunque en su esencia las UBPC formaron parte de una estructura que operó bajo la dirección de las empresas estatales, esta forma de producción en sus estatutos y mecanismos favorece la transición a la descentralización y tiende a imitar los valores, la eficiencia y el potencial de la producción campesina tradicional. Ejemplo de ello es la efectiva profundización en los principios y la aplicación del cooperativismo en Cuba (López Labrada, 2007). Quince años después de su creación, se manifiesta un fortalecimiento del papel de las UBPC en la sociedad y una mayor efectividad en su gestión. Pueden encontrarse casos exitosos en todas las actividades agrícolas, tanto en áreas urbanas como rurales. Cada una de ellas sigue modelos integrales, en los que se conjugan objetivos productivos, económicos y sociales en una concepción dirigida a la diversificación, la autosuficiencia alimentaria y el mejoramiento de las condiciones de vida de los cooperativistas.

2.5 Contribución de los agricultores pequeños

En Cuba, las formas privadas de producción agrícola, desarrolladas por campesinos, principalmente a pequeña y mediana escala, pueden llevarse a cabo de manera individual o en grupos bajo dos tipos de cooperativa: CPA y CCS. El primer tipo está compuesto por productores que entregaron sus tierras a la

cooperativa, por lo que se transforman en propiedad social. El segundo está integrado por campesinos que forman una cooperativa en la que mantienen la propiedad de la tierra y de los equipos sobre una base individual, compran insumos al Estado, y reciben créditos y servicios (Álvarez, 2001). Ambos tipos de productores tienen compromisos de ventas al Estado de acuerdo con su potencial productivo. Además, cosechan alimentos y crían animales para auto-abastecerse. También pueden vender los productos agrícolas en el mercado local a través de un representante de la cooperativa.

Si se comparan con las fincas estatales o las UBPC, los campesinos privados tienen mayor experiencia y tradición, y no sorprende que sus sistemas agrícolas hayan demostrado ser más resilientes al enfrentar la crisis. Mientras las empresas agrícolas estatales sufrieron rápidamente el impacto de la falta de insumos y financiamiento, el sector campesino fue capaz de amortiguar la escasez de recursos materiales. A fines de los años ochenta el sector privado ocupaba el 18% de la tierra cultivable del país, pero diez años más tarde contaba con el 25% del área agrícola y participaba significativamente en la producción, tanto para el consumo interno como para la exportación.

El porcentaje relativamente alto de contribución de la producción campesina a las ventas totales en el sector agrícola nacional durante los años de crisis (tabla 7), demuestra su alta eficiencia en el uso de la tierra. También muestra la capacidad de los métodos de producción y organización de los pequeños agricultores para contribuir al balance alimentario nacional. En 1996 el 70.7% del total de las ventas agrícolas directas a la población fueron realizadas por campesinos individuales o cooperativos (Martin, 2001).

Tabla 7. Contribución de la producción campesina a las ventas totales al Estado de varios productos

Producto	% de ventas al Estado	Producto	% de ventas al Estado
Arroz	17	Granos	74
Café	55	Leche	32
Caña de azúcar	18	Maíz	64
Carne de cerdo	43	Miel	55
Cítricos	10	Pescado	53
Cacao	61	Raíces, tubérculos y vegetales	43
Frutas	59	Tabaco	85

Fuente: Lugo Fonte, 2000.

Aunque la producción ganadera a nivel nacional ha estado deprimida por la escasez de alimento importado y las adversas condiciones climáticas —prolongadas sequías, huracanes y otros eventos naturales—, los campesinos han desarrollado una gran capacidad de adaptación. Los agricultores pequeños se convirtieron en un modelo para la reestructuración de la agricultura cubana (Álvarez, 2001).

El campesinado ha sido un eslabón importante en la preservación de los cultivos tradicionales y del ganado mejor adaptado a las condiciones agroclimáticas, factores indispensables para el mejoramiento genético y la agricultura sostenible desde una perspectiva local (Ríos, 2004; Wright, 2005). La Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), a través de su Movimiento Agroecológico Campesino a Campesino (MACAC), ha sistematizado la experiencia agrícola tradicional y ha reforzado los principios sostenibles en la agricultura cubana. En el año 2004, este movimiento estaba presente en 155 de los 169 municipios del país, y articulaba a unos tres mil facilitadores y a más de nueve mil promotores (Perera, 2004). En un esfuerzo paralelo, en esa fecha más de cuatro mil productores se habían involucrado en el Programa de Innovación Agrícola Local del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), basado en procesos participativos de base (Ríos, 2004).

El reciente programa de entrega de tierras ociosas en usufructo, respaldado por el Decreto-Ley 259, ha legitimado el importante papel del sector campesino, al integrar los nuevos agricultores a la estructura de las CCS. Actualmente la ANAP ya agrupa casi 400 mil miembros y contribuye como ningún otro sector en la producción de alimentos (González 2009a).

2.6 Agricultura urbana y seguridad alimentaria

Fundación, estructura y objetivos

La agricultura urbana ha sido una iniciativa útil para la promoción de la autosuficiencia alimentaria. Esta forma de agricultura estaba casi olvidada en Cuba cuando los alimentos eran accesibles, pero se convirtió en una estrategia importante al ser la primera reacción de la población para contrarrestar la escasez de alimentos (Murphy, 1999; Companioni *et al.*, 2001). Al cultivar dentro y alrededor de las ciudades, era posible emplear recursos locales sin necesidad de pagar por la transportación de insumos y productos (Cruz y Sánchez, 2001). En los inicios de la crisis, la población se organizó para cultivar solares libres, traspacios y azoteas en las ciudades. Incluso era común la crianza de

animales dentro de las viviendas y así asegurar el suministro de proteína a la familia. Surgida como una producción de subsistencia, a mediados de los años noventa la agricultura urbana se había transformado en una práctica que también incluyó las actividades comerciales y llegó a contribuir significativamente a la seguridad alimentaria del país.

Mientras la agricultura urbana fue extendiéndose, ganó organización y comenzó a recibir el apoyo gubernamental. En 1995 ya existían 1 613 organopónicos (pequeñas parcelas de tierra abandonada en las ciudades y en las que se cultivan vegetales frescos en canteros fertilizados con materia orgánica), 429 huertos intensivos y 26 604 huertos comunitarios. En 1997 se creó una red de empresas municipales e instituciones estatales (el Grupo Nacional de Agricultura Urbana) para organizar a las personas ya involucradas en el movimiento.

El movimiento en la provincia Ciudad de La Habana cuenta con una red de 179 organopónicos (122 ha), 418 huertos intensivos (607 ha), 7 848 parcelas (2 203 ha) y 34 970 patios (642 ha). Al cierre de 2008, solo en la capital se reportaron producciones por encima de las 100 mil toneladas de hortalizas y condimentos frescos. Si consideramos otras producciones agrícolas, el volumen alcanza más de 200 mil toneladas, una contribución apreciable a la seguridad alimentaria (tabla 8).

Tabla 8. Producción de cultivos y animal en la agricultura urbana de la provincia Ciudad de La Habana, 2008

Producto	Volumen (t)	Producto	Volumen (t)
Arroz	450	Carne de aves	313
Café	476	Carne de carnero	242
Condimentos	99	Carne de cerdo	1 966
Frijol	1 167	Carne de chivo	209
Frutas	35 339	Carne de conejo	170
Maíz	10 245	Leche de cabra	357
Plantas medicinales	198	Pescado	21
Plátanos	25 833	Huevos	21 millones
Raíces y tubérculos	22 831		de unidades

Fuente: Boletines estadísticos del MINAG (2009).

Espacialmente, la agricultura urbana cubre un radio de 10 km desde el centro de la cabecera provincial, de 5 km a partir de las capitales municipales, de 2 km alrededor de las poblaciones de más de diez mil residentes, y la pro-

ducción local de los asentamientos menores de mil personas. Desde sus inicios, el gobierno ha desempeñado un papel importante en la promoción y apoyo de este movimiento masivo hacia la seguridad alimentaria. El General de Ejército y Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros, Raúl Castro, ha sido personalmente un sistemático impulsor de la agricultura urbana (González Novo, Castellanos y Price, 2009). El objetivo principal del movimiento cubano de agricultura urbana es alcanzar un consumo diario de 300 gramos de vegetales por persona, cantidad recomendada por la ONU/FAO, y un adecuado surtido de fuentes de proteína animal. De acuerdo con Companioni *et al.* (2001), otros principios básicos de este movimiento son:

- Distribución uniforme por todo el país.
- Correspondencia entre producción planificada y el número de habitantes de cada lugar.
- Interrelación cultivo-animal con máxima utilización de las posibilidades para el incremento de ambas.
- Uso intensivo de materia orgánica y controles biológicos para preservar la fertilidad de los suelos y sustratos.
- Utilizar cada área disponible para producir alimentos de forma intensiva con el fin de obtener altos rendimientos de los cultivos y animales.
- Integración multidisciplinaria e intensa y aplicación de la ciencia y la técnica.
- Máxima utilización de todo el potencial existente para producir alimentos, fundamentalmente la fuerza laboral y el uso de residuos o subproductos para la producción vegetal y animal.

El programa de agricultura urbana está compuesto por veintiocho subprogramas —cada uno relacionado con un tipo o aspecto de la producción agrícola o ganadera— que constituyen su base organizativa y administrativa (GNAU, 2004).

Arroz popular: ejemplo de un subprograma exitoso

Fundamental en la dieta cubana, el consumo per cápita de arroz excede los 44 kg anuales o los 265 g por día (Socorro *et al.*, 2001). La producción de arroz en Cuba se desarrolló durante muchos años en grandes granjas estatales y también fue uno de los cultivos priorizados por el Estado. Entonces parecía «irrefutable» que para alcanzar la autosuficiencia de este cereal era necesario

recurrir a métodos convencionales de altos insumos (León, 1996). Sin embargo, incluso durante los años ochenta, cuando los insumos estaban disponibles, no pudo cubrirse la demanda nacional y fue necesario importar el 40% del arroz consumido. La producción con altos insumos de este cereal demostró ser insostenible al comenzar la crisis de los años noventa. El nuevo programa de «arroz popular» mostró que la agricultura autogestionada y de bajos insumos podría tener un impacto positivo en la autosuficiencia alimentaria nacional (García, 2003).

La producción «popular» de arroz fue en sus orígenes, como la agricultura urbana en general, un movimiento para el autoabastecimiento. Este cereal comenzó a cultivarse en áreas abandonadas, en pequeñas parcelas entre los campos de caña de azúcar, en las cunetas de las carreteras, etc. El movimiento creció rápidamente y logró niveles imprevistos de producción y eficiencia. En 1997, mientras la Unión de Empresas del Arroz estuvo muy afectada, con una producción de 150 000 t, el movimiento de arroz «popular» logró 140 600 t e involucró a 73 500 agricultores pequeños que obtuvieron, como promedio nacional, 2,8 t/ha sin el empleo de costosos insumos (*Granma*, 1998). Este rendimiento resultó muy favorable, comparado con el de la producción de arroz convencional durante los años ochenta, que logró un rendimiento nacional promedio de entre 2 y 3 toneladas por hectárea (ANPP, 1991). En 2001 el arroz popular representó más del 50% de la producción total nacional (García, 2003); en el año 2008, el 75% (Labrada, 2009).

Éxitos recientes y futuro

En el año 2000 la agricultura urbana produjo más de 1.6 millones de toneladas de vegetales y empleó a 201 000 trabajadores (*Granma*, 2001). Dos años después, 326 000 personas se unieron al programa de producción agrícola urbana (*Granma*, 2003), mientras que en 2006 la producción llegó a 4.2 millones de toneladas y dio empleo a 300 000 personas (Pagés, 2006b) (figura 4). La producción reportada de 20 kg/m² lograda por la agricultura urbana excedió los 300 g de vegetales por persona al día, cifras que han sido cuestionadas, debido a que la demanda aún no está totalmente cubierta.

El movimiento de la agricultura urbana también contribuyó al establecimiento de una red de 1 270 puntos de venta de productos agrícolas en las ciudades y 932 mercados agrícolas (*Granma*, 2003). Los productos distribuidos mediante esta red aportan significativamente a la seguridad alimentaria, aunque los precios todavía son altos en relación con la capacidad de compra promedio de la población.

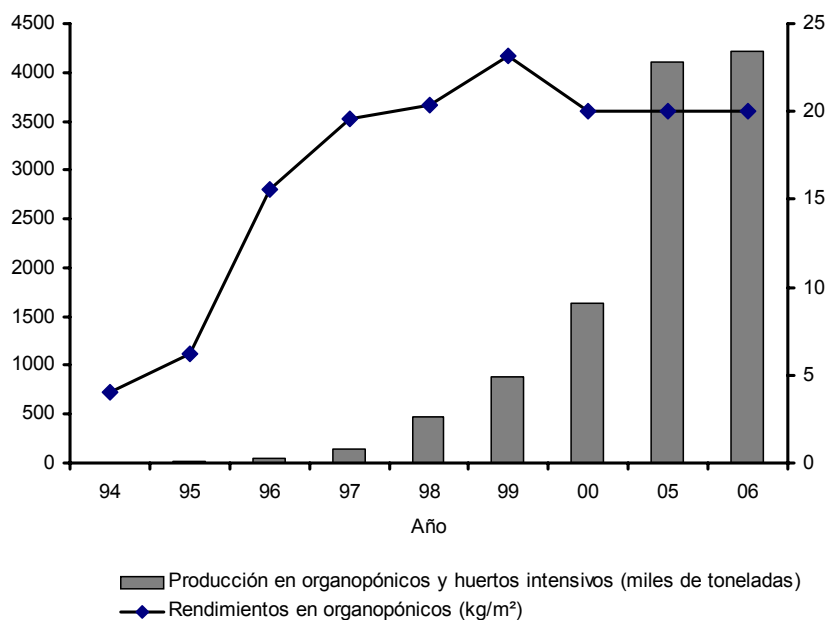


Figura 4. Producción de vegetales en organopónicos y huertos intensivos.

La cantidad de personas dedicadas al trabajo agrícola en la periferia de la ciudad continúa aumentando. Sin embargo, Cruz y Sánchez (2001) consideran que este tipo de agricultura debe buscar un acercamiento más integrado, que vaya más allá de una solución temporal a la crisis o de la mera seguridad alimentaria, y abarque también la preservación de los ambientes urbanos, la lucha contra la contaminación del aire y el agua, así como la creación de una cultura de conservación de la naturaleza.

2.7 La estrategia de sustitución de insumos

Durante los años ochenta, las investigaciones agropecuarias en Cuba se dirigieron mayormente hacia la sustitución de insumos, reduciendo el uso de fertilizantes, pesticidas y concentrados para alimentar el ganado. Estas investigaciones fueron aplicadas en las actividades agrícolas económicamente más importantes y a gran escala (Funes, 2001). Aunque el objetivo principal era reducir los costos de producción en la agricultura comercial a través de la sustitución de insumos agroquímicos por biológicos, estos estudios crearon las bases

para la aplicación de prácticas ecológicas cuando no había otras alternativas disponibles. Como resultado, la sustitución de insumos llegó a escalas no alcanzadas en ningún otro país, y su efectividad e impacto positivo fueron significativos (Rosset y Benjamin, 1994; Funes *et al.*, 2001).

Alternativas para el manejo ecológico del suelo

Como parte de las investigaciones sobre fijación de nitrógeno y solubilización del fósforo, se desarrollaron varias preparaciones microbiológicas para determinados cultivos. En las investigaciones sobre sustitución de insumos, una amplia gama de estos biofertilizantes ha sido desarrollada con éxito y se ha aplicado a escala comercial en los cultivos fundamentales, sustituyendo un porcentaje significativo de fertilizantes químicos.

Los resultados de tales investigaciones confirmaron la efectividad de usar abonos verdes y cultivos de cobertura en la producción agrícola comercial. Estos estudios incluyeron el uso de sesbania en la producción de arroz (Cabello *et al.*, 1989) y de crotalaria, canavalia, frijol terciopelo y frijol lablab o dolichos en otros cultivos comerciales (García y Treto, 1997). Los abonos verdes lograron sustituir altos niveles de fertilizantes nitrogenados —el equivalente a 67-255 kg/ha de nitrógeno, 7-22 kg/ha de fósforo y 36-211 kg/ha de potasio— y mejorar las características físicas del suelo (Treto *et al.*, 2001). En la producción comercial de tabaco, las aplicaciones de químicos se redujeron a través del uso de abonos verdes para mejorar la fertilidad del suelo. También se recuperaron otras prácticas de cultivo tradicionales, incluyendo el uso de bueyes, lo que evitó la compactación de los suelos y conservó sus condiciones físicas.

La producción de humus de lombriz (o vermicompost) y de compost alcanzó altos niveles. Entre 1994 y 1998 la producción nacional de estos dos fertilizantes orgánicos fluctuó entre 500 y 700 millones de toneladas anuales. Se popularizó la producción en pequeña escala de humus de lombriz y de compost, sobre todo dentro de la agricultura urbana, debido a los altos niveles de fertilizantes orgánicos exigidos por la producción de vegetales en canteros. A escala industrial, el uso de cachaza (impurezas filtradas del jugo de caña de azúcar, un derivado del procesamiento industrial) permitió una reducción considerable o la eliminación de la demanda de fertilizantes químicos en la mayoría de los cultivos comerciales importantes. Con una aplicación de 120-160 t/ha, este fertilizante orgánico reemplazó completamente a los fertilizantes químicos durante más de tres años en suelos arenosos, y el mismo resultado se logró con el empleo de 180-240 t/ha por más de cinco años en suelos con un mayor contenido de arcilla (Treto *et al.*, 2001).

Control biológico

Después de 1990, en respuesta a la escasez de pesticidas, el control biológico se volvió una estrategia fundamental para controlar las plagas en Cuba. La rápida aplicación de esta estrategia a escala nacional en los años noventa se hizo posible gracias a la amplia experiencia y a la existencia, desde 1960, de cinco laboratorios para su estudio. Con el objetivo de producir agentes biológicos que controlaran las plagas agrícolas más importantes, se crearon a lo largo del país 276 Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE); de ellos, 54 para las áreas cañeras y 222 para las tierras productoras de vegetales, tubérculos, frutas y otros cultivos (Pérez y Vázquez, 2001). La producción real de estos agentes de control biológico —hongos, bacterias, nemátodos e insectos beneficiosos— fue descentralizada y a pequeña escala. Los CREE brindaron servicios tanto a fincas estatales y cooperativas como a fincas privadas (Fernández-Larrea, 1997). Su uso fue amplio y en 1999 cubrió aproximadamente un millón de hectáreas en el sector no azucarero (Pérez y Vázquez, 2001).

Aunque Cuba nunca detuvo la importación de pesticidas, esta se redujo a alrededor de un tercio de lo que se compraba antes de los años noventa (Pérez y Vázquez, 2001). Los programas de manejo integrado de plagas (MIP), combinados con el manejo biológico y químico de los cultivos, se convirtieron en una estrategia común. Por otra parte, la efectividad de los agentes de control biológico permitió la continua disminución del uso de pesticidas en cultivos varios, que, según datos publicados por *Granma Internacional* (Pagés, 2004), se redujo veinte veces en un período de quince años: de veinte mil toneladas en 1989 a alrededor de mil en 2004.

Tracción animal

A fines de los años ochenta la agricultura cubana disponía de unos noventa mil tractores y se importaban cinco mil al año. Después de 1989, el número de tractores en funcionamiento cayó drásticamente por la falta de combustible, mantenimiento y piezas de repuesto. Por ello se recuperó la práctica tradicional de usar bueyes para cultivo y transporte. Unas trescientas mil yuntas de bueyes fueron entrenadas, lo que hizo a los nuevos sistemas de producción menos dependientes de combustibles fósiles. En 1997, el 78% de las yuntas de bueyes se usaba en el sector privado, que cubría solo el 15% del área agrícola nacional; después, el uso de los bueyes se extendió a todos los sectores agrícolas (Ríos y Ponce, 2001).

El empleo sistemático de la tracción animal en áreas agrícolas requirió una integración de tierra para los pastos y la producción del alimento animal, es decir, el uso mixto. Muchas fincas ganaderas que se habían especializado en la producción de leche o carne comenzaron a usar bueyes para transportar los forrajes y cultivar el suelo donde crecerían las cosechas para la subsistencia y el mercado. Las empresas especializadas en cultivos y las granjas ganaderas tuvieron que adaptar sus diseños a las nuevas condiciones. De igual manera, no pocas cooperativas, que antes se habían dedicado al cultivo especializado de papa, boniato, vegetales, etc., crearon «módulos pecuarios» usando ganado de doble propósito, para la producción de leche y carne con destino al autoabastecimiento de los cooperativistas.

Policultivos y rotación de cultivos

La rotación de cultivos y los policultivos se desarrollaron en aras de estimular la fertilidad natural del suelo, controlar las plagas, restaurar la capacidad productiva y obtener mayor Uso Equivalente de la Tierra (UET).² La aplicación de estas alternativas —a menudo practicadas por los campesinos tradicionales— demostró ser esencial para alcanzar altos niveles de producción y se expandió por todo el país, especialmente en el sector cooperativo (Wright, 2005). Tanto los resultados de investigación como los datos reales de la producción demostraron que los policultivos y la rotación de cultivos podían aumentar los rendimientos en la mayoría de los cultivos económicamente importantes (Casanova *et al.*, 2001).

Por ejemplo, experimentos realizados confirmaron el aumento en los rendimientos de caña de azúcar (84.4 a 90.6 t/ha) en rotación con soya que a su vez tuvo una producción añadida de 1.7 t/ha (Leyva y Pohlen, 1995). El policultivo de yuca y frijol bajo diferentes sistemas de manejo de cultivos alcanzó mayores UET cuando se comparó con la yuca y el frijol en monocultivo (Mojena y Bertolí, 1995). El policultivo de abonos verdes y maíz en rotación con papa también incrementó la producción del tubérculo (Crespo *et al.*, 1997). Todas estas combinaciones de policultivo hicieron más eficiente el uso de la tierra, así como el control de plagas.

² El Uso Equivalente de la Tierra se calcula utilizando la fórmula $UET = \sum (R_{pi} / R_{mi})$, donde R_{pi} es el rendimiento de cada cultivo en el policultivo y R_{mi} es el rendimiento de cada cultivo en monocultivo. Para cada cultivo (i) se calcula un índice con el que se determina el UET parcial de cada uno, luego los UET parciales se suman y su resultado da el UET total para el policultivo (Gliessman, 2006).

2.8 Más allá de la estrategia de sustitución de insumos

Los ejemplos anteriores de estrategias de sustitución de insumos reconocen los positivos resultados de estos enfoques para la autosuficiencia alimentaria y el medioambiente. Este modelo de sustitución de insumos prevaleció en Cuba durante los años de la crisis y se considera el primer intento de convertir un sistema convencional a escala nacional (Rosset y Benjamin, 1994). Sin embargo, estos enfoques necesitan evolucionar si se desea alcanzar un nivel superior de sostenibilidad agrícola. Muchos campesinos emplearían agroquímicos si estos estuvieran disponibles, a pesar de que reconocen sus efectos negativos en la salud (Wright, 2005).

El modelo alternativo cubano necesita ser reforzado con un enfoque más poderoso, tanto sistémico como ecológico. La sostenibilidad a largo plazo solo puede alcanzarse con cambios profundos; o sea, considerando los sistemas agrícolas alternativos como verdaderamente regenerativos, y no solo como una manera de sustituir insumos. La integración de cultivos y ganadería dentro de los sistemas de producción diversificados para crear sistemas integrados de producción es una de estas alternativas (Monzote *et al.*, 2002).

2.9 Sistemas integrados de producción: un enfoque hacia la sostenibilidad

La estrategia nacional de sustitución de insumos estableció la infraestructura y el conocimiento básico acerca de los sistemas de gestión agrícola sostenibles. Sin embargo, es necesario reconocer sus lagunas tecnológicas para así alcanzar un enfoque más integrado y ecológico. Los sistemas de monocultivo que aún prevalecen en la agricultura, la dependencia de insumos externos y la falta de integración en los agroecosistemas son algunas de estas lagunas.

Cambios en la estructura de uso de la tierra

Los patrones de uso de la tierra presentes en la agricultura cubana son de especial relevancia para la conversión hacia un modelo agroecológico a escala nacional. Desde 1993 han tenido lugar importantes cambios estructurales en el sector agrícola, que buscan crear las precondiciones necesarias para aplicar una estrategia nacional de sistemas integrados.

En primer lugar, tenemos la descentralización de las empresas estatales y la promoción del cooperativismo para mantener a las personas vinculadas a

la tierra. En ese intento han sido claves la entrega de tierras en usufructo, la reducción de la escala de producción y la diversificación.

En segundo lugar, la desactivación durante los últimos años de 110 centrales azucareros de los 155 existentes, por lo que la mitad de las más de 1.4 millones de hectáreas antes dedicadas al monocultivo de caña de azúcar está disponible para otros propósitos agrícolas. El Ministerio del Azúcar (MINAZ) inició en 2002 un programa de reestructuración (Tarea «Álvaro Reynoso») a fin de recuperar las tierras que antes pertenecían a los centrales azucareros (Rosales del Toro, 2002).

En tercer lugar, hasta el año 2008, alrededor del 40% de las dos millones de hectáreas cubiertas por pastos (cerca de 900 000) estaban invadidas por marabú y aroma, dos especies de leguminosas leñosas arbustivas y espinosas de rápido crecimiento.³ Estas plantas son difíciles de desbrozar a mano y hacerlo con maquinaria encarece mucho más su control. Las causas principales de esta desmedida invasión son el abandono de los suelos agrícolas y el uso inapropiado de la tierra. Donde las condiciones lo permitan, la incorporación de estrategias integradas de producción puede ser una práctica de control efectiva de estas malezas. Cálculos realizados por García Trujillo (1996) mostraban que los suelos ganaderos tenían el potencial —incluso a niveles muy bajos de producción— de satisfacer los requerimientos de proteína animal de la población cubana, así como contribuir considerablemente a las necesidades de energía.

Las condiciones ecológicas, económicas y sociales actuales favorecen la conversión a sistemas integrados agroecológicos en el sector ganadero (Monzote y Funes-Monzote, 1997). Debido a la disponibilidad de animales, infraestructura y pastizales, puede haber resultados positivos inmediatos al convertir las unidades ganaderas en sistemas agrícolas y ganaderos fertilizados con estiércol (García Trujillo y Monzote, 1995; Funes-Monzote y Monzote, 2001; 2002). En la producción agrícola comercial especializada, la rotación con el componente animal podría favorecer el mejor uso de recursos, tales como residuos agrícolas y subproductos del procesamiento de alimentos.

Aunque los agricultores tradicionales han practicado comúnmente la integración de cultivos y animales a pequeña escala, se necesitan enfoques innovadores que permitan estudiar, implementar y diseminar los sistemas agrícolas integrados a una escala mayor con diferentes niveles de complejidad. Además,

³ Datos recientes dan cuenta de que se ha iniciado un proceso de liberación de áreas infestadas. De las 689 697 hectáreas entregadas en usufructo hasta julio de 2009, el 67% estaba cubierto de marabú, de las que 187 632 fueron desbrozadas (González, 2009b).

es preciso poner en práctica estrategias que venzan las mayores limitaciones para el desarrollo de sistemas integrados de producción. Entre ellas se incluyen la alta necesidad de fuerza de trabajo en su etapa de establecimiento, la falta de capital para su implementación, y la prioridad que aún se otorga a la agricultura convencional y a su infraestructura especializada. También es necesario conocer en mayor detalle cómo funcionan los sistemas integrados, así como diseminar conocimientos para diseñar las mejores combinaciones.

La conversión hacia sistemas integrados ganadería-agricultura puede realizarse a diferentes escalas en tiempo y espacio (figura 5). A escala regional y/o nacional, su implementación requerirá más capital e insumos que a mediana o pequeña escala. Por ejemplo, la transportación a larga distancia de estiércol animal es difícil y costosa por su alto contenido de agua, y la maquinaria apropiada dificulta el establecimiento de diseños de policultivos en grandes áreas. El incremento en la escala generalmente conduce a la disminución de la eficiencia productiva debido al uso intensivo de combustibles fósiles y la disminución del control del sistema productivo, la heterogeneidad de los suelos, entre otros factores.

En contraste, es común que a escalas inferiores —a nivel cooperativo o de finca—, se maximice la eficiencia en el uso de los recursos, debido a que se facilitan las interrelaciones, como los ciclos internos de nutrientes, energía, materiales y fuerza de trabajo, mientras que aumenta el control del sistema. Sin embargo, a cualquier escala, el comprometimiento, las prioridades, demandas y capacidades físicas e intelectuales de los agricultores para desarrollar estas alternativas son factores clave en la implementación exitosa del modelo integrado de producción.

En resumen, mucha información científica y práctica demuestra las ventajas del modelo integrado; sin embargo, debe prestarse más atención al desarrollo

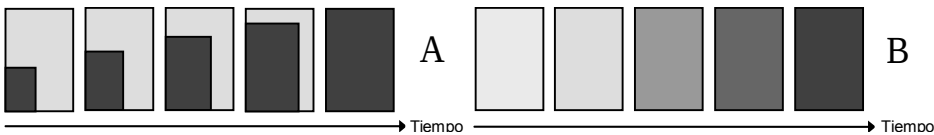


Figura 5. Dos estrategias espacio-temporales para la conversión de sistemas agrícolas especializados en sistemas integrados ganadería-agricultura. La intensidad del color gris indica el grado en que se logra la integración. A) Parte de la finca es convertida y el área se incrementa con el tiempo. B) La finca en su totalidad entra en un proceso de conversión que consiste en la progresiva implementación de prácticas y tecnologías que tienden a integrar ganadería y agricultura.

de adaptaciones a las condiciones locales. En la literatura se encuentra a menudo una descripción física de los sistemas agrícolas y la cuantificación de sus flujos ecológicos, pero es raro hallar enfoques más integrados que conjuguen la dimensión agroecológica, económica y social. La aplicación de enfoques agroecológicos a través del modelo integrado ganadería-agricultura, puede contribuir a la sostenibilidad de la agricultura cubana y resolver muchos de los problemas que aún predominan en los sistemas especializados relativos a los efectos ambientales adversos, la productividad y la eficiencia. Sus ventajas tecnológicas y prácticas han sido confirmadas científicamente, y la estructura económica y social actual del sector agrícola favorece este proceso.

2.10 Lecciones de la transición hacia la agricultura sostenible en Cuba

La historia reciente de la agricultura cubana demuestra que las reformas agrarias solo serán efectivas a largo plazo si se adaptan a las nuevas situaciones políticas y perspectivas ecológicas. Por tanto, una de las más relevantes lecciones de la conversión a escala nacional hacia la agricultura sostenible en Cuba en los años noventa fue la necesidad de cambiar el sistema de producción de alimentos prevaleciente, de forma tal que la conservación de los recursos naturales y los factores socioeconómicos y políticos tuvieran la misma importancia. Esta combinación fue tempranamente reflejada en el Plan Nacional de Acción para la Nutrición (PNAN, 1994).

La eliminación del latifundio en 1959 no erradicó los problemas intrínsecos del sistema agrícola cubano. La reforma agraria otorgó buena parte de la tierra a quienes la trabajaban y redujo el tamaño de las fincas, lo que se tradujo en impactos sociales positivos; sin embargo, la falta de un enfoque ecológico, la concentración de tierras en extensos monocultivos y la dependencia externa, reforzaron un desarrollo agrícola inadecuado que ha sido característico en la historia de Cuba. A pesar de que sus intenciones fueron alcanzar un sistema socialmente justo, la nueva agricultura estatal, como la de los latifundios, originó serios problemas ambientales y socioeconómicos que deben ser resueltos.

La enorme crisis económica, ecológica y social desatada a inicios de los noventa fue el resultado, en primer lugar, del alto nivel de dependencia que llegó a tener Cuba de sus relaciones con Europa del Este y la URSS. Muchos estudios demuestran la profundidad de la crisis, y casi todos concuerdan en que habría sido peor de no haber existido la voluntad de una planificación

centralizada y una estructura social equitativa. La ayuda gubernamental, junto con su impulso a la innovación, el alto nivel educacional de la población y el intercambio de recursos y conocimientos entre las personas, permitió la creación de un movimiento agrícola sostenible y su implementación a nivel nacional.

No obstante, en la agricultura cubana aún se necesitan acciones que transformen su estado actual. En realidad, le hacen falta cambios más profundos. A pesar de que la innovación ha estado presente en todas las ramas de la agricultura y las instituciones científicas han experimentado con tecnologías ambientalmente amigables a gran escala, estos esfuerzos se han concentrado en la sustitución de insumos y se mantiene un desfase entre los aspectos biofísicos y socioeconómicos del desarrollo agrícola. Si esta nueva etapa de la agricultura cubana, caracterizada por el surgimiento de diversas prácticas agroecológicas en todo el país, progresara más, debe reconocerse que ni el modelo convencional ni el de sustitución de insumos serán lo suficientemente versátiles como para cubrir las demandas tecnológicas y las características socioeconómicas de la agricultura heterogénea y dinámica con que contamos hoy. El enfoque integrado, basado en perspectivas agroecológicas y métodos participativos de diseminación, puede ayudar a alcanzar una fase superior en la transformación de la agricultura cubana en su camino hacia la sostenibilidad.

III. Metodología para la transición

3.1 Definiciones necesarias

Debido a las características multifacéticas y dinámicas de los sistemas agrodiversos, tanto en las condiciones «favorables» como en las «desfavorables» de la Cuba actual, es necesario un análisis amplio de la sostenibilidad. De acuerdo con Pretty, «la sostenibilidad es un término complejo y contextual, por lo que resulta imposible elaborar definiciones precisas y absolutas» (Pretty, 1995). Este autor plantea que en cualquier análisis de sostenibilidad resulta importante aclarar primero qué es lo que está siendo sostenido, por cuánto tiempo, para beneficio de quién y a qué costo, sobre qué área y según cuáles criterios será medida. Para evaluar el posible papel de la agroecología en el desarrollo sostenible de la agricultura cubana (*sobre qué área*), se comparó el comportamiento de los sistemas especializados e integrados tanto en estaciones experimentales como en estudios de caso a escala regional y nacional.

La adopción y la adaptación del proceso de conversión agroecológica tienen lugar durante un «período de tiempo variable». Continuamente se emplean nuevos enfoques y prácticas, en respuesta al dinamismo del contexto y los objetivos de los agricultores (*por cuánto tiempo*). Para ganar tiempo y ahorrar recursos, las prácticas agrodiversas a pequeña y mediana escala procuran optimizar la gestión de sus componentes, como es el caso del reciclaje de

nutrientes y energía, y la producción de servicios ambientales. De esta manera se sientan las bases para una agricultura más duradera y autosuficiente.

La reconversión de los sistemas agrícolas y la reducción de sus escalas requieren inversiones que adapten las infraestructuras; por ejemplo, construir viviendas y mejorar las facilidades de transporte. También es preciso crear incentivos para nuevos proyectos agrícolas, o sea, suministrar créditos que permitan la compra de insumos y garantizar la estabilidad en los precios de los productos (*a qué costo*). Tales inversiones deben mejorar las oportunidades de incrementar la productividad de la tierra y la calidad de vida de la población rural, con el consiguiente impacto socioeconómico. Las estrategias de conversión agroecológica deben diseñarse con todos los actores relevantes y ser motivadas por el propósito de resolver los puntos críticos locales que limitan la sostenibilidad. La solución de tales problemas tendría el propósito primordial de beneficiar a los agricultores en particular, y a la sociedad en general, mientras se preservan los recursos naturales (*para beneficio de quién*).

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» (Altieri, 1987), ofrece los principios ecológicos que permiten estudiar, diseñar y manejar los agroecosistemas, combinando la producción y la conservación de los recursos naturales. 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.

La concepción de sistemas DIA, cuyos inicios datan de 1994, fue desarrollada y probada a diferentes escalas y niveles de análisis (Monzote *et al.*, 1999). Siete equipos de investigación de varias provincias participaron en las tres etapas del proyecto, denominado «Diseños para la integración ganadería-agricultura a pequeña y mediana escala», coordinado por el Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes del Ministerio de la Agricultura y financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Cada uno de los componentes de los sistemas DIA tiene características específicas, pero

todos poseen varios principios básicos en común: 1) incrementar la biodiversidad del sistema, 2) hacer énfasis en la conservación y manejo de la fertilidad del suelo, 3) usar al máximo la energía renovable y optimizar los procesos de reciclaje de la energía, 4) aumentar la eficiencia en el uso de los recursos naturales locales y 5) mantener altos niveles de resiliencia (figura 6).

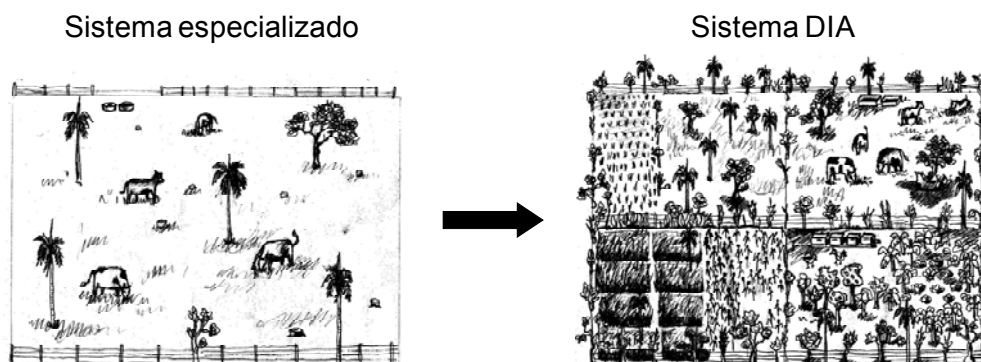


Figura 6. La conversión de un sistema agrícola especializado a un sistema agroecológico sigue tres principios: diversificación (al incluir especies de cultivos, árboles y animales), integración (por el intercambio dinámico y el reciclaje de energía y nutrientes entre los componentes del sistema) y el logro de la autosuficiencia alimentaria.

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 característico en 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 (figura 7).

La *autosuficiencia* alimentaria tiene que ver con el alcance del sistema, es decir, hasta qué punto puede satisfacer sus propias demandas sin recurrir a

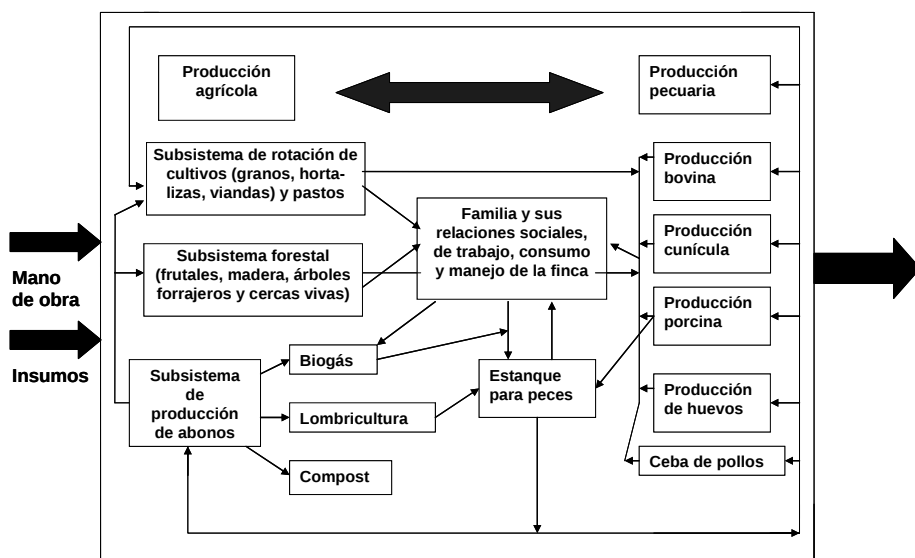


Figura 7. Sistema de manejo holístico. Finca de Ernesto González, Bauta, La Habana.

considerables insumos externos. Por lo tanto, un sistema autosuficiente produce alimento humano y animal capaz de satisfacer con calidad y en cantidad los requerimientos nutricionales de la familia, a la vez que genera productos y servicios comercializables que cubren otros tipos de necesidades. La meta fundamental de cualquier sistema de producción sostenible es alcanzar la autosuficiencia al menor costo posible, con el mínimo impacto ambiental y la máxima satisfacción de las necesidades humanas.

3.2 ECOFAS: Una propuesta metodológica

El enfoque DIA ha sido aplicado en la conversión de sistemas agropecuarios en Cuba mediante el Marco Ecológico para Evaluar la Sostenibilidad (ECOFAS, según las siglas de *EC*ological *FW*ramework for the *AS*essment of *S*ustainability). Se trata de una metodología dinámica desarrollada durante diez años en la red de agroecología del Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes del Ministerio de la Agricultura para la conversión hacia sistemas integrados ganadería-agricultura (figura 8). Los equipos de investigación lograron identificar estrategias adaptadas localmente con un impacto potencial en la sociedad, el ambiente y la economía.

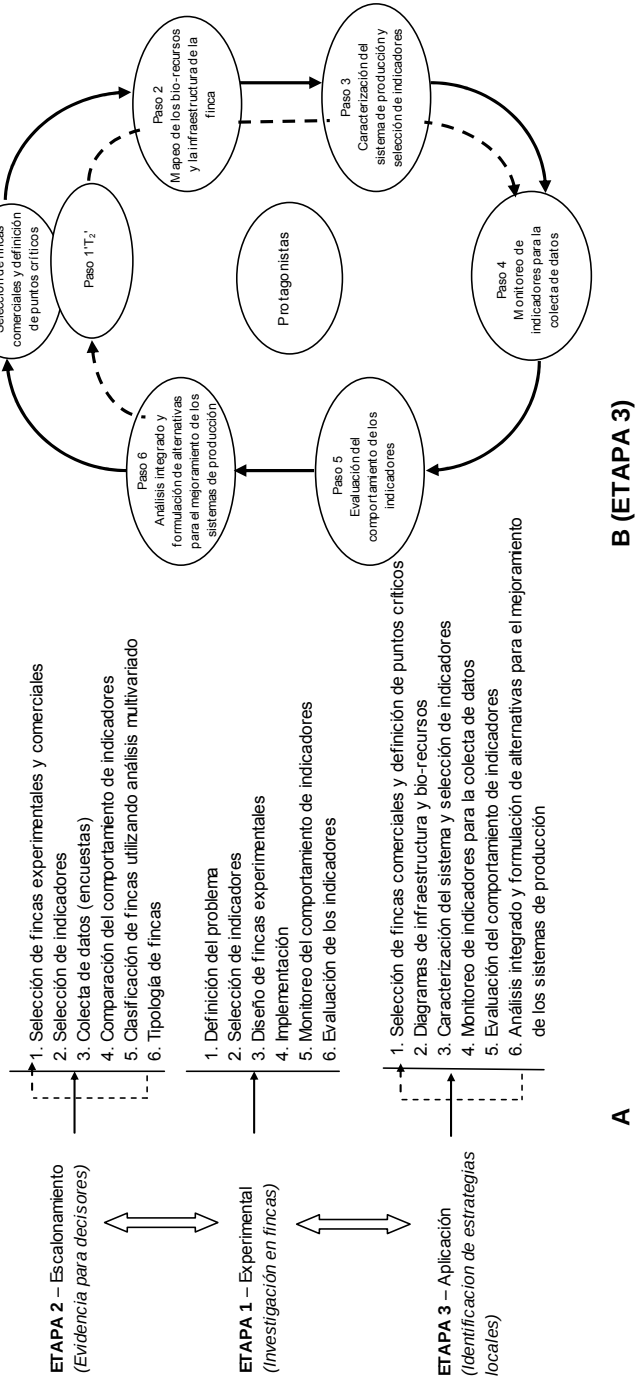
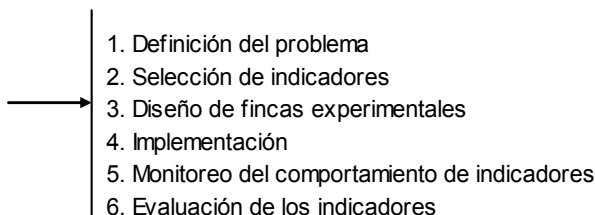


Figura 8. Representación esquemática de ECOFAS para convertir sistemas de producción especializados en integrados (A) y el ciclo operativo de la etapa 3 (B), a fin de identificar estrategias integradas para el desarrollo de sistemas de producción locales.

ECOFAS se compone de tres etapas en las que se evalúan, monitorean, comparan, analizan y diseñan estrategias de manejo agroecológico. Cada etapa se relaciona con un nivel jerárquico diferente. La primera consiste en la evaluación experimental del proceso de conversión. En la segunda etapa se analizan las variables agroecológicas y los indicadores de sostenibilidad en un conjunto mayor de sistemas. Esta fase, en la que se comprueban los resultados alcanzados en la anterior, aporta un marco de referencia para los decisores. En la tercera etapa se utilizan métodos participativos de investigación y acción con el fin de diagnosticar y caracterizar los sistemas, además de monitorear sus progresos en el alcance de múltiples objetivos mediante indicadores agroecológicos, económicos y sociales. Ahora bien, ¿cuál es el propósito final de ECOFAS? No solo identificar estrategias locales que mitiguen las limitaciones (puntos críticos), sino también definir alternativas apropiadas cuya finalidad sea lograr los objetivos de una producción agrícola sostenible. A continuación se describe brevemente la forma en que opera cada una de sus etapas y se remite a los capítulos IV, V y VI, donde se ofrecen las bases científicas que muestran la aplicación de esta metodología.

ETAPA 1 – Experimental
(Investigación en fincas)



1.1 Definición del problema. Es posible definir los puntos críticos para el análisis a cualquier nivel de agregación. Puede diseñarse un experimento de sistemas agroecológicos con el objetivo de solucionar un problema específico de una parcela, finca, localidad o región, u otros más globales. Estos problemas pueden estar vinculados a factores de índole sociopolítica, cultural, económico-financiera, ecológico-ambiental o energética. Los puntos críticos serán la guía, el principio y el fin al cual se dirigirán los esfuerzos de diseño del sistema productivo (ver capítulo IV, epígrafe 4.2 y capítulo VI, epígrafe 6.2).

1.2 Selección de indicadores. Cada punto crítico identificado debe corresponderse con un indicador de desempeño. Generalmente, los indicadores se seleccionan a partir de puntos críticos u objetivos específicos, pero es posible elegir uno que responda a varios problemas o designar varios indicadores para un

punto crítico determinado. Los indicadores, particulares o generales, dependerán del alcance del proyecto de investigación o desarrollo. Un ejemplo de indicador a diferentes escalas de impacto es la eficiencia energética de la producción de alimentos. Su incremento en una finca puede a su vez elevar la eficiencia a nivel de cooperativa o localidad, incluso de la nación. Una baja eficiencia energética, como punto crítico del sistema, puede guardar relación con varios indicadores productivos, con la eficiencia en el uso de insumos energéticos, con el empleo racional de los recursos naturales o con la especie animal o vegetal de que se trate (ver capítulo IV, epígrafe 4.2; capítulo V, epígrafe 5.1 y capítulo VI, epígrafe 6.2).

1.3 *Diseño de fincas experimentales.* El diseño experimental debe coincidir con los objetivos de estudio y desarrollo tecnológico. Cada diseño de finca puede responder a distintos propósitos. Por este motivo, el diseño particular de cada sistema de producción adquiere tanta relevancia. En este caso, la experimentación puede basarse en prototipos, que no tendrían que ser replicados al constituir patrones de referencia. Es posible realizar investigaciones de diferentes proporciones de integración ganadería-agricultura a través de prototipos (o patrones) bajo distintos diseños diversificados (figura 9) (ver capítulo IV, epígrafe 4.1; capítulo V, epígrafe 5.1 y capítulo VI, epígrafe 6.3).

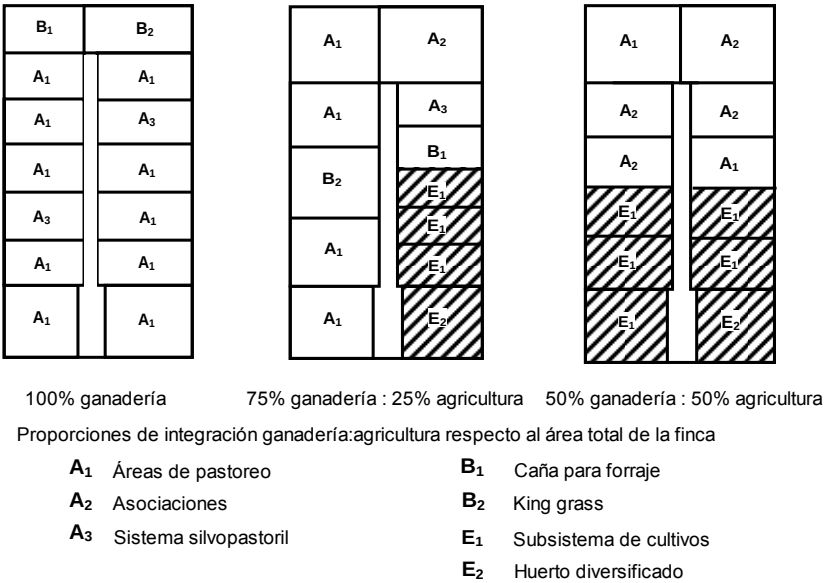
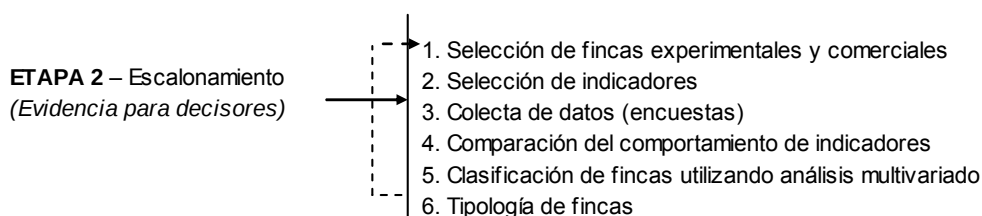


Figura 9. Diseños experimentales para el estudio de sistemas de producción.

1.4 *Implementación.* Una vez definidos los puntos críticos, seleccionados los indicadores a evaluar y elegido el diseño experimental que se debe seguir, comienza la etapa de puesta en marcha del proyecto. Implementar un proyecto de experimentación y desarrollo tecnológico requiere de constantes ajustes e innovación, sobre todo si esperamos que el resultado sea adaptable y resiliente. En el estudio de agroecosistemas diversos, integrados y autosuficientes, aún existen barreras fundamentales, como la imposibilidad de capturar de forma precisa todas las interacciones en juego. Para este fin, es necesario identificar cuáles son los indicadores a nivel de sistema que mejor reflejan su comportamiento como un todo, de acuerdo con las hipótesis planteadas. La determinación de los límites del sistema y los subsistemas en análisis, sus características e interacciones, ofrece un amplio rango de posibilidades de evaluación durante la puesta en práctica del estudio (ver capítulo IV, epígrafe 4.2).

1.5 *Monitoreo del comportamiento de indicadores.* El comportamiento del sistema puede ser monitoreado de diferentes maneras. Las labores rutinarias de pesaje, conteo del número de especies de plantas y animales, seguimiento de factores relacionados con actividades productivas, fenómenos climáticos, descripción de incidencias, entre otros, proporcionan numerosos elementos para el análisis. De la confiabilidad que esperamos de los datos finales depende el rigor con que se realiza el monitoreo. Esto se relaciona también con el nivel de aplicación que deseamos y la repercusión que puede tener el estudio a escala social. Por ejemplo, en el caso de la determinación de las características de los suelos, muchas veces simples observaciones o pruebas de campo son suficientes para determinar la estructura del suelo, su contenido de materia orgánica, la estabilidad de los agregados, el nivel de humedad u otras propiedades físicas. Sin embargo, si deseamos un resultado que sea extrapolable a condiciones similares, debemos aplicar métodos de muestreo y análisis de laboratorio, o descripciones analíticas siguiendo metodologías científicas que ofrezcan mayor exactitud. Los análisis económicos deben considerar las relaciones monetarias propias de cada sistema y las características intrínsecas de las relaciones monetario-mercantiles para cada situación específica. La variabilidad en los precios de los productos e insumos, las épocas de cosecha, el valor agregado de las producciones o servicios, el poder adquisitivo, entre otros factores, pueden distorsionar los resultados obtenidos (ver capítulo IV, epígrafe 4.3).

1.6 *Evaluación de los indicadores.* El análisis y la evaluación de los resultados experimentales tienen un amplio rango de aplicación, que va desde los análisis comparativos simples hasta los complejos, que dependen de paquetes estadísticos. Por ejemplo, la evaluación de la intensidad de la fuerza de trabajo sobre un sistema agrícola es un indicador relativamente sencillo de evaluar. Para este caso, se necesitaría el número de horas por día dedicadas al trabajo agrícola y dividir las por el número de hectáreas. Otros índices de productividad de la fuerza de trabajo pueden incluir la labor específica que se realiza y el volumen de la producción global (ver capítulo IV, epígrafes 4.2 al 4.4; capítulo V, epígrafe 5.2 y 5.3; y capítulo VI, epígrafe 6.4).



2.1 *Selección de fincas.* Esta puede ser una tarea muy sencilla o muy compleja, en función del rigor que se le quiera dar al estudio o implementación. Son muchos los factores que deben tenerse en cuenta para elegir las fincas. El criterio de los actores locales es muy útil. Sin embargo, este paso debería partir de una información previa que permita identificar posibles tipologías de fincas con características conocidas. Para esto, también resulta importante definir restricciones y límites dentro de los cuales se desarrollará el estudio y la representatividad o singularidad como objeto de análisis. La identificación de tipologías podría ser la manera más efectiva de agrupar un conjunto de sistemas según los parámetros e indicadores a evaluar. Para poder agrupar tipos de fincas similares, se necesitará realizar una amplia cantidad de observaciones cualitativas y cuantitativas que permitan categorizarlas (ver capítulo V, epígrafe 5.1 y capítulo VI, epígrafe 6.2).

2.2 *Selección de indicadores.* Seleccionar indicadores puede ser una tarea más compleja si deseamos que estos reflejen la variabilidad de los sistemas en estudio. Para ello es muy útil indagar en las posibles relaciones entre los indicadores y las variables determinadas. En algunos casos puede existir autocorrelación, particularmente cuando hay asociaciones obvias que no son el

resultado de algún fenómeno biológico o tecnológico. En estudios de agroecosistemas bajo condiciones comerciales, se encuentra con mucha frecuencia alta diversidad y heterogeneidad de factores que varían constantemente en función de las condiciones socioeconómicas y biofísicas. El uso de métodos multivariados para la selección de indicadores de desempeño y factores de análisis puede ayudarnos a obtener conclusiones más integrales (ver capítulo IV, epígrafe 4.2; capítulo V, epígrafe 5.3 y apéndice 2.2).

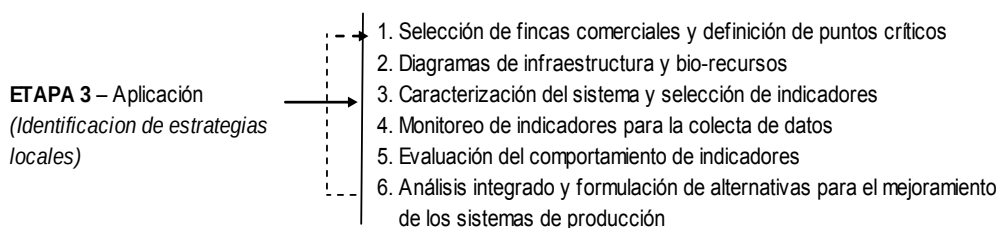
2.3 *Colecta de datos.* Existen muchos métodos para recopilar información en condiciones de campo, así como una amplia literatura que detalla las características particulares de cada uno. Estos van desde los métodos de diagnóstico rápido y entrevistas semiestructuradas hasta aquellos que son más minuciosos, con encuestas estructuradas e indicadores de comportamiento preestablecidos. En estudios de sistemas más específicos o a más largo plazo, pueden aprovecharse las técnicas analíticas con la asistencia de equipos de medición o metodologías de estudio más complejas. ECOFAS propone combinar varios métodos: los cualitativos, los cuantitativos, los de diagnóstico rápido y los detallados. Además, varias escalas de distribución geográfica: desde una finca experimental, bajo condiciones controladas, hasta un grupo de fincas preseleccionadas lo largo de todo el país. El costo económico de este tipo de estudios, que involucra un amplio personal científico-técnico y que se extiende en el tiempo, puede ser alto y los recursos no estar disponibles. También se requiere de un considerable esfuerzo organizativo para lograr los objetivos (ver capítulo IV, epígrafe 4.1 y capítulo V, epígrafe 5.1).

2.4 *Comparación del comportamiento de indicadores.* A fin de lograr efectividad cuando se compara el comportamiento de los indicadores de desempeño, es necesario realizar operaciones matemáticas que permitan su normalización (apéndice 2.2). Sin embargo, comparar sistemas de producción no es una tarea fácil, sobre todo porque, en condiciones comerciales heterogéneas y dinámicas, ningún sistema es igual a otro. En estos casos, lo más recomendable es comparar el comportamiento de los indicadores entre sí, tomando como unidad experimental fincas que corresponden por sus características a tipologías comunes (ver capítulo V, epígrafe 5.2).

2.5 *Clasificación de fincas utilizando análisis multivariado.* Los análisis multivariados tienen el poder de combinar múltiples factores en estudio. El empleo de análisis de componentes principales permite conocer cuál es la

importancia relativa de cada indicador en función de la variabilidad del sistema. Un manejo apropiado de estos métodos ofrece el tan buscado efecto múltiple de los factores en juego dentro de los sistemas diversificados. Mediante una correcta utilización de los análisis multivariados, es posible saber el desempeño de cada indicador o variable ante las demás y en qué medida cada una explica la relación (ver capítulo V, epígrafe 5.3).

2.6 Tipologías de fincas. Finalmente, es posible precisar los tipos de fincas (o sistemas de producción) teniendo en cuenta sus características sobre la base de información espacio-temporal confiable. Estas características, descritas a nivel de sistema y de sus interacciones internas y con el entorno, constituyen un análisis integral que puede ser extrapolable. Al contar con tipologías de fincas, pueden hacerse censos que permitan tomar mejores decisiones políticas a partir de criterios científicos (ver capítulo V, epígrafe 5.3).



La etapa 3 constituye la integración y aplicación de las metodologías de análisis de las dos fases anteriores. Cada uno de los pasos a seguir debe ser adaptado según las características y condiciones del sistema objeto de estudio. El objetivo final de esta etapa es identificar estrategias agroecológicas locales y lograr un entendimiento detallado de las mejores alternativas en términos de: 1) diseño de recursos y procesos, 2) manejo de la producción animal y de cultivos, y 3) adaptabilidad a las condiciones bioclimáticas y socioeconómicas imperantes.

La identificación de estas estrategias se traduce en formular alternativas viables para mejorar los sistemas de producción agrícola en la finca, cooperativa o región. En el proceso continuo de diseño, evaluación y reformulación de las variantes más apropiadas, estas alternativas deben ser aplicadas y adaptadas de forma cíclica; y su efectividad, monitoreada sistemáticamente (ver capítulo VI).

IV. Conversión de sistemas ganaderos especializados en sistemas integrados*

Entre 1960 y 1990 la ganadería cubana estuvo basada en sistemas especializados de altos insumos que aplicaban tecnología de avanzada para producir leche y carne mediante sistemas intensivos e industriales. Las estrategias de desarrollo concentraban la atención en tres aspectos fundamentales: genética, infraestructura y alimentación animal (Pérez, 1999). Como resultado, la producción lechera llegó a alcanzar unos mil millones de litros por año (ANPP, 1991). Sin embargo, esta era todavía insuficiente e ineficiente, tanto desde el punto de vista financiero como energético (Monzote *et al.*, 2002). Se estima que en los años ochenta, en el pico de la producción ganadera industrial, el balance entre la energía producida (en forma de leche y carne) y la invertida (insumos) era de 0.17, es decir, solo una sexta parte de la energía consumida por los sistemas productivos se convertía en productos agrícolas (Funes-Monzote, 1998). Los principales insumos energéticos eran fertilizantes y pesticidas (40%), seguidos por melaza y otros productos derivados de la industria azucarera (25%), concentrados (20%), combustible (14%) y mano de obra (1%).

* Una versión en inglés de este capítulo fue publicada en FERNANDO R. FUNES-MONZOTE, MARTA MONZOTE, EGBERT A. LANTINGA Y HERMAN VAN KEULEN: «Conversion of specialised Dairy Farming Systems into sustainable Mixed Farming Systems in Cuba», *International Journal of Environment, Development and Sustainability*, No. 11, 2009b, pp. 765-783. Open access, DOI: 10.1007/s10668-008-9142-7.

Los cuantiosos recursos empleados en infraestructura,⁴ los costos de importación de ganado, los sistemas de riego y otros componentes energéticos de la ganadería industrial, no fueron considerados dentro de este cálculo.

El modelo de producción ganadero de altos insumos se sostenía desde el punto de vista financiero y material gracias a los favorables términos del comercio con los países socialistas europeos, en particular con la URSS. Por otra parte, los sistemas intensivos de producción ganadera, en combinación con el monocultivo a gran escala, no solo condujeron a una extensa deforestación, sino también provocaron la erosión de los suelos y la pérdida de biodiversidad (CITMA, 1997). Estos son algunos de los factores que generalmente se obvian en los análisis económicos o energéticos, pero que deberían considerarse dentro de un enfoque más integral de la producción agrícola y pecuaria.

El reconocimiento de la ineficiencia financiera y energética de los sistemas especializados convencionales y sus negativos impactos ambientales, combinado con la creciente escasez de capital y de insumos, forzó el desarrollo de nuevos enfoques en la producción animal. Esta situación se convirtió también en un reto para los investigadores, al buscar sistemas productivos de leche y carne más eficientes y sostenibles (Monzote *et al.*, 2002). Se probaron diversas tecnologías, entre ellas el uso de leguminosas puras en bancos de proteínas o en asociaciones gramíneas-leguminosas, los sistemas silvopastoriles, los biofertilizantes y la selección de especies de pastos adaptadas a diferentes regiones, entre otras. La limitante fundamental para la adopción de estas tecnologías radicó en su aplicación de forma aislada y, en la mayoría de los casos, en la falta de una perspectiva integradora. Un enfoque de sistemas para el desarrollo de modelos de producción ganadera más productivos y sostenibles, basados en los principios de la integración ganadería-agricultura, surge como una propuesta promisorio ante la nueva situación.

La existencia de especies altamente productivas (aquellas que realizan el sendero fotosintético C₄), la alta diversidad de especies apropiadas para la agricultura y la posibilidad de cultivar durante todo el año, confieren a países tropicales como Cuba un alto potencial para producir biomasa y desarrollar sistemas integrados. Estas ventajas naturales, aprovechadas mediante el uso de cultivos ricos en energía y proteína, así como la inclusión de árboles leguminosos multipropósito, permiten diseñar sistemas agrícolas con un potencial insospechado. La aplicación de estas variantes ha estado localizada básica-

⁴ Más de tres mil instalaciones ganaderas fueron construidas a un costo promedio unitario de dos millones de dólares.

mente en áreas menos favorecidas —desde el punto de vista socioeconómico y ambiental—, donde la falta de insumos externos obligó a los productores a adoptar sistemas integrados para lograr el sustento con limitados recursos naturales disponibles (Altieri, 2002; Pretty *et al.*, 2003; Van Keulen, 2005). Sin embargo, los sistemas integrados también han sido desarrollados en condiciones más favorables, con sistemas orientados al mercado, principalmente bajo la presión de condiciones socioeconómicas, la sensibilidad hacia los asuntos ambientales y las demandas de los consumidores (Lantinga *et al.*, 2004; Van Keulen y Schiere, 2004).

A pesar del éxito de muchos sistemas diversificados de bajos insumos, convertir las grandes fincas de monocultivo en sistemas integrados a pequeña y mediana escala es todavía un gran reto para Cuba. Las mayores limitaciones han sido la baja densidad de población en áreas rurales, la falta de capital y de insumos, así como la ausencia de infraestructura apropiada para la producción ganadera a pequeña escala. Además, y quizás por la escasez de información y la resistencia al cambio, aún resulta difícil convencer a los dirigentes sobre la necesidad de los sistemas integrados, no solo como una «alternativa», sino como una estrategia avanzada para el desarrollo futuro del sector ganadero. De ahí que aún se necesiten estudios a largo plazo con los que se pueda ganar conocimiento sobre el desempeño de los sistemas integrados, así como evaluar diferentes combinaciones ganadería-agricultura en un marco espacio-temporal que permita mostrar claramente sus ventajas.

Con el fin de apoyar esa estrategia, el estudio que se describe en este capítulo se diseñó como la primera fase de un proyecto más amplio a nivel nacional. Su propósito consistió en evaluar la conversión de sistemas ganaderos especializados de bajos insumos en sistemas integrados ganadería-agricultura. Para lograr este objetivo, se supervisó la dinámica de quince indicadores agroecológicos y financieros durante un período de seis años. La meta final fue identificar estrategias para el diseño de sistemas integrados, como base para la producción ganadera sostenible en Cuba.

4.1 Metodología experimental

El estudio se llevó a cabo entre 1995 y 2000 en el Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, ubicado al oeste de La Habana, sobre suelos Ferralítico Rojo típico éutrico (Hernández *et al.*, 1999). La precipitación anual en el lugar del experimento oscila entre 1 300 y 1 500 mm, de los cuales aproximadamente

el 70% cae entre mayo y octubre (estación lluviosa). La temperatura promedio es de 26.9°C en la estación lluviosa y de 23.3°C en la seca. La humedad relativa fluctúa entre 82 y 85%, y alcanza los valores más altos durante la época de mayores precipitaciones.

Diseño de prototipos

Se establecieron dos fincas integradas prototipo, cada una de una hectárea, en áreas de pastos de una finca ganadera especializada de quince hectáreas que había sido gestionada durante unos cinco años con altos insumos externos —es decir, fertilizantes, concentrados, alimentos, maquinaria— y bajos niveles de productividad (rendimientos de aproximadamente 1.5 t de leche/ha/año). Para los propósitos de este estudio, los datos colectados durante el último año de funcionamiento de esta finca, que representa una unidad ganadera típica del país, se consideraron año cero de conversión. En las dos fincas integradas, el 25% (C25) y el 50% (C50) del área total, respectivamente, se destinó a cultivos. En las figuras 10a y 10b se describen los diseños de las fincas integradas y las prácticas de manejo. Los subsistemas ganaderos incluyeron los pastos puros (A_1) y las asociaciones gramínea-leguminosa (A_2), tanto en C25 como en C50. En C25 se estableció, además, un subsistema silvopastoril (A_3).

Las leguminosas en A_2 fueron establecidas a 25 cm de distancia en el área de pastos original con cultivo mínimo; mientras que el sistema silvopastoril se estableció con árboles de leguminosas en A_3 . El campo A_1 en C50 fue resembrado con king grass, después de eliminar con el arado los pastos originales y sembrar cercas vivas de leucaena. Las áreas forrajeras en los subsistemas ganaderos (B_1 y B_2) de C25 y en los subsistemas de cultivos (E_1 y E_2) de ambas fincas se establecieron arando después de levantar el pastizal con pastoreo intensivo. Se utilizó ganado Siboney, una raza cruzada 5/8 Holstein-Friesian y 3/8 de Cebú cubano.

Durante el estudio, en la finca C25 se mantuvieron una o dos vacas, dependiendo de la disponibilidad de pasto, y solo una en C50. Los terneros nacidos se criaron durante cuatro meses en un sistema de amamantamiento restringido y luego fueron vendidos. La leche consumida por los terneros no se incluyó en los datos de la producción, solo el peso vivo al ser vendidos. Los tratamientos veterinarios estuvieron basados en métodos convencionales. Además, se implementaron prácticas naturales, como el uso de hongos entomopatógenos *Verticillium lecanii* (Rijo, 1996), y la vacuna Gavac para el control de garrapatas en el ganado (Boue *et al.*, 1999).

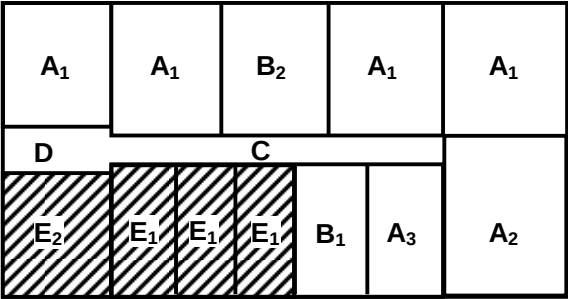
Tipo de finca	C25						
Área (ha)	1						
Carga animal (UGM/ha)*	1.8 (2.5)						
Referencia	Uso del suelo	FAT**	Características de manejo				
Subsistema ganadero	A ₁ Pastos puros	35%	Pastoreo rotacional, postes vivos de gliricidia (pasto estrella y hierba guinea).				
	A ₂ Asociación gramínea-leguminosa	10%	Pastoreo rotacional (pasto estrella y hierba guinea, soya, centrosema, teramnus).				
	A ₃ Subsistema silvopastoril	10%	Pastoreo restringido. Poda para el suministro fresco durante todo el año y hojas para heno (árboles de leucaena) y asociaciones gramínea-leguminosa (hierba guinea-teramnus).				
	B ₁ Caña de azúcar	10%	Sistema de corte y acarreo durante la estación seca. Las hojas permanecen en el campo. Corte de ramas.				
	B ₂ King grass	10%	Sistema de corte y acarreo todo el año.				
	C Manga. Acceso libre para beber agua y áreas de pastos.						
D Establo abierto con bebederos. Suministro de forrajes frescos y heno. Colecta de estiércol fresco en el establo para elaborar compost.							
Subsistema cultivos ***	E ₁ Cultivos anuales	20%	Mezcla de cultivos en rotación (maíz/ frijoles, maíz/calabaza, maíz/frijoles/yuca) y abonos verdes (canavalia y mucuna).				
	E ₂ Huerto diversificado	5%	Vegetales, árboles frutales, especies y plantas medicinales fertilizadas con humus de lombriz y compost producido con el estiércol colectado, residuos de cosecha y alimento rechazado. Pila de compost.				

Figura 10a. Prototipo de finca integrada con 25% de cultivos (C25). En el esquema las áreas sombreadas representan el subsistema de cultivos y las áreas en blanco, el ganadero.

* UGM: unidad animal de 450 kg de peso vivo; entre paréntesis se representa el valor de UGM por hectárea ganadera.

** Fracción del Área Total de la finca.

*** Uso de fertilizantes producidos en la finca (ej., compost y humus de lombriz). Árboles frutales sembrados entre los campos. Residuos de cosecha colectados para la alimentación animal. Uso de animales para la preparación y cultivo del suelo.

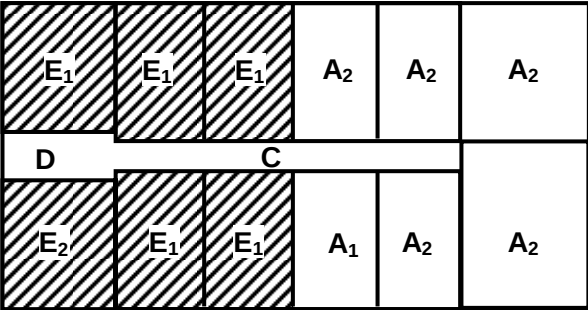
Tipo de finca	C50						
Área (ha)	1						
Carga animal (UGM/ha)*	1 (2)						
							
Referencia	Tipo de uso del suelo	FAT**	Características de manejo				
Subsistema ganadero	A₁	Pastos puros	10%	Pastoreo diferido. Postes vivos de leucaena, king grass.			
	A₂	Asociación gramínea-leguminosa	40%	Pastoreo rotacional (brachiaria, hierba guinea/kudú tropical, glicine, centrosema, teramnus).			
	C	Manga. Acceso libre para beber agua y áreas de pastos.					
	D	Establo abierto con bebederos. Suministro de forrajes frescos y heno. Colecta de estiércol fresco en el establo para elaborar compost.					
Subsistema cultivos***	E₁	Cultivos anuales	45%	Rotación de cultivos (maíz/frijoles, maíz/ maní, maíz/frijoles/yuca) y abonos verdes (canavalia, frijol mungo y mucuna).			
	E₂	Huerto diversificado	5%	Vegetales, árboles frutales, especies y plantas medicinales fertilizadas con humus de lombriz y compost producido con el estiércol colectado, residuos de cosecha y alimento rechazado. Pila de compost.			

Figura 10b. Prototipo de finca integrada con 50% de cultivos (C50). En el esquema las áreas sombreadas representan el subsistema de cultivos y las áreas en blanco, el ganadero.

* UGM: unidad animal de 450 kg de peso vivo; entre paréntesis, el valor de UGM por hectárea ganadera.

** Fracción del Área Total de la finca.

*** Uso de fertilizantes producidos en la finca (compost y humus de lombriz). Árboles frutales sembrados entre los campos. Residuos de cosecha colectados para la alimentación animal. Uso de animales para la preparación y cultivo del suelo.

El estiércol colectado (aproximadamente 10 kg/vaca/día) y toda la biomasa disponible, como los residuos de cosecha, alimento animal rechazado, malas hierbas y algunas leguminosas frescas, se usaron para mulch y compost. Para el compostaje se siguieron los métodos estático o aeróbico y el vermicompost, con lombriz roja californiana a partir de métodos descritos por Ramón Cuevas *et al.* (1987). El control de la calidad del compost incluyó análisis químicos y mediciones de temperatura de manera periódica.

4.2 Evaluación de indicadores agroecológicos y financieros

Durante seis años se supervisaron quince indicadores agroecológicos y financieros (tabla 9). Los criterios de selección fueron: 1) puntos críticos para el desarrollo sostenible de la producción ganadera (De Wit *et al.*, 1995), es decir, aspectos relevantes que pueden limitar el desempeño de los sistemas ganaderos; 2) principales problemas ambientales identificados en la Estrategia Nacional Ambiental cubana (CITMA, 1997); y 3) resultados y valoraciones previas de Monzote y colaboradores (1999) en el proyecto nacional de investigación 0800058 CITMA «Desarrollo de diseños para la integración ganadería-agricultura a pequeña y mediana escala».

Todos esos indicadores se calcularon sobre una base anual para períodos que acababan el 31 de octubre, coincidiendo con el fin de la estación lluviosa. Se calculó la productividad del sistema (rendimientos por producto, es decir, frutas, cosechas, productos animales, producción de energía y proteína por hectárea, número de personas que pueden ser alimentadas) y se realizaron balances energéticos con el sistema computarizado ENERGÍA (apéndice 4), desarrollado para los propósitos de este estudio (Sosa y Funes-Monzote, 1998).

4.2.1 Biodiversidad

Los indicadores de biodiversidad seleccionados abarcan tres aspectos: riqueza de especies, diversidad de la producción y diversidad de árboles. Ellos se relacionan estrechamente con dos de los mayores problemas ambientales asociados a los modelos de monocultivo agrícola que el Estado cubano ha identificado: la pérdida de biodiversidad y la deforestación.

Las fincas convertidas se caracterizaron por la presencia de un gran número de plantas y especies animales, aproximadamente seis veces las contabilizadas al principio del estudio (tabla 10). En el diseño de las fincas integradas se introdujeron granos, raíces y tubérculos, vegetales, árboles y nuevas especies de pastos y forrajes. Esto permitió adaptar la ración animal durante el año, en concordancia con las características de la estación climática, sobre todo la lluvia, y las fluctuaciones asociadas a la producción de pastos, uno de los principales problemas de los sistemas tropicales de producción ganadera (Funes, 1979).

El índice de Margalef, que mide la riqueza de especies al combinar el número de especies en el sistema con el número de individuos, alcanzó valores de 9.1 y 10.4 en las fincas convertidas, gracias a la gran cantidad de especies presentes (44 y 52, respectivamente). En el año cero, con solo ocho especies de

Tabla 9. Indicadores agroecológicos y financieros

Criterio de análisis	Indicador	Unidad	Método de cálculo
<i>1. Diversidad</i>			
	Riqueza de especies	Índice de Margalef*	Incluye especies de cultivos, árboles y animales domésticos; se excluye la biota del suelo, la vegetación espontánea y otras plantas y animales silvestres.
	Diversidad de la producción	Índice de Shannon*	Incluye la producción total de cada producto agrícola o pecuario y la total del sistema.
	Diversidad de árboles	Índice de Shannon*	Incluye número de especies de árboles frutales, maderables y postes vivos.
<i>2. Productividad</i>			
	Rendimiento de leche	t/ha/año	Producción total de leche de la finca.
	Rendimiento de leche por área forrajera	t/ha/año	Producción de leche respecto al área forrajera de la finca (ej., áreas de pastoreo, asociaciones gramíneas-leguminosas, forraje de corte y sistemas silvopastoriles).
	Salidas energéticas	GJ/ha/año	Energía total en los productos cosechados.
	Salidas proteicas	kg/ha/año	Proteína total en los productos cosechados.
<i>3. Uso de la energía</i>			
	Total de insumos energéticos	GJ/ha/año	Valor energético de todos los insumos utilizados directamente para propósitos productivos.
	Intensidad de fuerza de trabajo	h/ha/día	Tiempo empleado en actividades productivas en la finca.
	Costo energético de la producción de proteína	MJ/kg	Energía empleada para la producción dividido por la proteína total producida: total de insumos energéticos x1000 / salidas proteicas.
	Eficiencia energética	GJ salidas/ GJ entradas	Balance entre la energía producida y la energía empleada en la producción de alimentos.
<i>4. Comportamiento financiero</i>			
	Valor neto de la producción	Miles CUC /ha/año**	Valor neto de la producción = valor de la producción total – impuesto a las ventas (5%) – pérdidas post-cosecha (5%) – precio en la finca.***
	Margen bruto		Margen bruto = valor neto de la producción – Costos totales de producción (costos fijos + costos variables).
	Relación beneficio/costo		Beneficio/costo = valor neto de la producción / costos totales de producción (costos fijos + costos variables).
<i>5. Uso de nutrientes</i>			
	Uso de fertilizantes orgánicos	t/ha/año	Cantidad de compost aplicado a las áreas de cultivo.

* Para el cálculo de los índices de Shannon y Margalef, consúltase Gliessman (2001).

** 1 CUC (Peso Cubano Convertible); 1 CUC = 24 CUP (Peso Cubano).

*** Se consideró que los precios al por mayor eran 70% del precio minorista. Las fluctuaciones de los precios de los productos y las dificultades para obtener precios mayoristas confiables, hizo necesaria tal estimación.

Tabla 10. Comportamiento de los indicadores agroecológicos y de productividad en la producción especializada (año base) y para las dos fincas integradas (C25 y C50) promediados en un período de seis años

Indicadores	Unidades	Sistema de producción				
		Año base	C25	desv. est.	C50	desv. est.
Riqueza de especies	Índice de Margalef*	1.6(8)**	10.4 (52)	0.55	9.1(44)	1.59
Diversidad de la producción	Índice de Shannon*	0.2 (2)	1.7 (23)	0.37	2.0 (17)	0.17
Índice de diversidad de árboles	Índice de Shannon*	0 (0)	1.7 (204)	0.06	1.5 (131)	0.10
Rendimiento de leche	t/ha/año	1.8	2.4	0.95	2.0	0.50
Rendimiento de leche por área forrajera	t/ha/año	1.8	3.1	1.25	4.0	0.99
Salidas energéticas	GJ/ha/año	7.2	16.4	2.63	27.1	5.89
Salidas proteicas	kg/ha/año	91.0	133.5	36.94	191.3	42.90
Total de insumos energéticos	GJ/ha/año	1.9	3.9	1.50	5.7	1.17
Intensidad de la fuerza de trabajo	hr/ha/día	3.1	2.0	0.93	2.8	0.59
Costo energético de la producción de proteína	MJ/kg	34.1	14.8	4.98	14.9	2.06
Eficiencia energética	GJ salidas/GJ entradas	2.3	9.6	3.43	9.8	2.10
Uso de fertilizantes orgánicos	Miles CUC/ha/año	-	5.3	1.59	5.0	1.98

* Para el cálculo de los índices de Shannon y Margalef, consúltese Gliessman (2001). Desv. est.: desviación estándar de la media.

** Entre paréntesis se encuentran los números absolutos promedio de especies, productos y árboles.

pastos, el valor fue de 1.6. Este índice proporciona una medida más significativa de la diversidad a nivel de la finca que el simple cálculo del número total de especies. La gran cantidad de plantas y especies animales se asoció con la alta diversidad de producción (17 y 23 productos, respectivamente), comparado con solo dos productos (leche y carne) antes de la conversión.

Ambas fincas se caracterizaron por un elevado número de árboles por hectárea (131 y 204, respectivamente) que fueron fuente de forraje para los animales y sirvieron como cercas vivas y frutales. Los árboles son un componente importante en los sistemas integrados tropicales. Investigaciones desarrolladas en Cuba y América Central (Benavides, 1998; Hernández *et al.*, 2001) han reportado incrementos en la producción de leche y carne, así como mejoras en el bienestar animal en los sistemas ganaderos tras la introducción de árboles, sobre todo de leucaena y otras especies leguminosas. De hecho, nuestros resultados indican que los árboles, como componentes importantes en la diversificación de los sistemas integrados, tuvieron un efecto positivo en la productividad del sistema en lo que se refiere al rendimiento de leche, energía y proteína. Las raíces profundas de los árboles «bombean» los nutrientes del subsuelo y contribuyen sustancialmente al reciclaje hacia las capas superficiales (Breman y Kessler, 1995).

Los indicadores de diversidad de producción y diversidad de árboles aparecen representados en el índice de Shannon, que combina el número de productos o de especies de árboles (diversidad) con el rendimiento por producto, o el número de individuos por especies (abundancia). Los valores del índice de Shannon tienden a ser mayores cuando la distribución de especies e individuos es más equitativa, y para los ecosistemas naturales relativamente diversos puede ser entre 3 y 4 (Gliessman, 2001). En las fincas integradas evaluadas se alcanzaron elevados índices de diversidad de producción (1.7-2.0) y diversidad de árboles (1.5-1.7), en comparación con el año cero, cuando la diversidad de producción fue de 0.2 y no existían árboles. Estos valores fueron considerablemente superiores (hasta 0.48) que los calculados para agroecosistemas hipotéticos diversificados, con dos o tres especies y alta uniformidad.

Para el análisis de la diversidad del agroecosistema, la aplicación de los índices de Shannon y Margalef —originalmente desarrollados para evaluar ecosistemas naturales— podría mejorar la percepción sobre la forma en que la diversidad de cultivos y animales contribuye al incremento de la productividad, la eficacia y los indicadores financieros de los sistemas integrados. El aumento en la diversidad de plantas también influyó en otros aspectos de la diversificación. En las dos fincas integradas se identificaron quince enemigos

naturales que controlan las plagas potenciales (Pérez-Olaya, 1998). Los cultivos perennes, como el caso de los pastos, la gliricidia y la leucaena, actuaron como hospederos alternativos para los enemigos naturales de las plagas agrícolas. Estas observaciones concuerdan con las de Vandermeer *et al.* (1998) y Altieri (1999), en cuanto a que la diversificación estimula la aparición de enemigos naturales que controlan las plagas y de esta forma contribuyen a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Incluso, estudios realizados en las fincas experimentales mostraron que la biodiversidad de la fauna del suelo y la actividad de la biota del suelo (ciempiés y lombrices de tierra) aumentaron tras la conversión a sistemas integrados (Rodríguez, 1998).

4.2.2 Productividad

La productividad es probablemente el indicador más usado en los análisis del rendimiento agrícola. En este estudio se emplearon cuatro indicadores para evaluar la productividad de la finca: a) producción de leche por unidad de área de la finca, b) producción de leche por unidad de área de forraje, c) salidas energéticas y d) salidas proteicas.

Resultó inesperado que el rendimiento de leche por unidad de área de la finca fuera ligeramente superior que antes de la conversión, teniendo en cuenta que entre el 25 y el 50% del área total se destinó a cultivos y, por lo tanto, no se utilizó para producir alimento animal. Este aumento se debió a la introducción de varias innovaciones en las fincas integradas; por ejemplo, el cultivo de forrajes perennes de alto rendimiento, las asociaciones gramínea-leguminosa y de árboles leguminosos, y el empleo de residuos de cosechas como alimento animal. Esto dio como resultado más y mejor alimento animal a lo largo del año y proporcionó un alto rendimiento de leche por unidad de área forrajera después de la conversión.

Debido a que el gobierno cubano ha definido que la tarea social del sector ganadero es «producir leche para los grupos sociales más vulnerables de la población, como niños, ancianos y personas enfermas», el incremento productivo es una prioridad política. Sin embargo, las limitaciones biofísicas y socioeconómicas han reducido la producción lechera total en Cuba a alrededor de un tercio de la alcanzada en los años ochenta (González *et al.*, 2004). Actualmente, el rendimiento promedio anual en las unidades ganaderas especializadas no excede de 1 t de leche por hectárea de tierra cultivable (MINAG, 2006). Algunas investigaciones han mostrado que en la ganadería comercial, basada en el empleo de pastos y niveles medios de concentrados, bajo un «manejo excelente», es posible producir hasta 3 t/ha (García Trujillo, 1983).

En el año cero de este estudio, el sistema especializado original produjo 1.8 t/ha, mientras en las fincas integradas se alcanzaron rendimientos de leche anuales por unidad de área forrajera entre 3.1 y 4 t/ha.

En cuanto a la producción total —expresada en energía y proteína, los dos componentes principales de la nutrición humana—, en las fincas integradas se superaron los rendimientos ganaderos obtenidos al inicio del estudio y se incorporaron las producciones agrícolas. En la finca C50 se obtuvieron las mayores producciones de energía (27.1 GJ/ha/año) y proteína (191.3 kg/ha/año), asociadas a la alta producción agrícola «adicional». La productividad también se expresa en relación con el número de personas que el sistema puede alimentar a través de su producción energética y proteica durante un año. Estos indicadores son muy útiles para conocer hasta qué punto el sistema tiene un impacto real en la alimentación de la población.

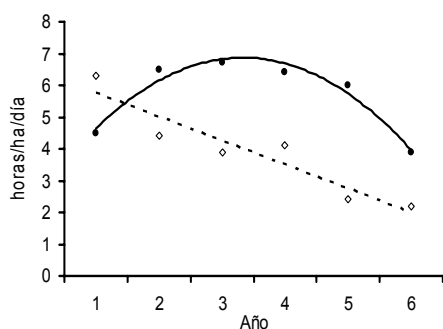
Al promediar el período de seis años, en la finca C25 la energía producida fue suficiente para alimentar adecuadamente a cuatro personas; y con la proteína, hasta cinco. En C50 esas cifras fueron de seis y ocho, respectivamente. Estos resultados son dos veces más altos que los reportados en la literatura para sistemas ganaderos especializados de mediana intensidad (Spedding, 1988; Beets, 1990) y por lo menos cuatro veces superiores a los alcanzados en la actualidad por los sistemas ganaderos predominantes en Cuba.

4.2.3 Uso de energía

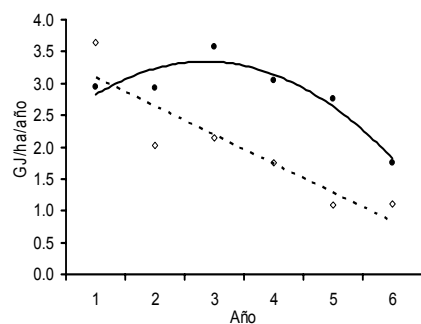
Fuerza de trabajo

La productividad de la fuerza de trabajo humana es un indicador esencial para evaluar el desempeño de las fincas ganaderas integradas, debido a la escasez de este «recurso» en las áreas rurales. Aunque se implementaron planes intensivos para la mano de obra, en la práctica esta disminuyó gradualmente en la finca C25, mientras que en la C50 mostró un comportamiento parabólico con un máximo en el tercer año (figura 11a). Paralelamente, la producción se mantuvo y, por consiguiente, la productividad de la fuerza de trabajo aumentó.

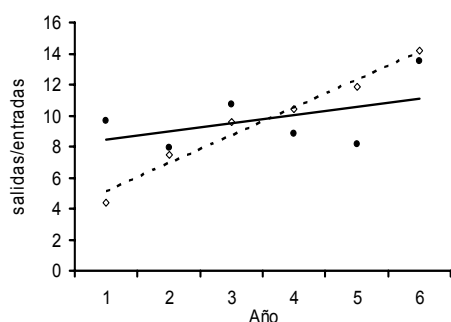
La mayor demanda de fuerza de trabajo en ambas fincas durante los primeros años puede atribuirse al mayor número de actividades agrícolas que es preciso realizar durante la etapa de establecimiento, tales como sembrar leguminosas en áreas de pastoreo, convertir áreas de pastoreo en tierra cultivable, cercar, plantar árboles, establecer sistemas de rotación de cultivos, controlar las plagas, etc. Durante los seis años la fuerza de trabajo total fue inferior en C25 que en C50, por ser mayor el área agrícola de esta última.



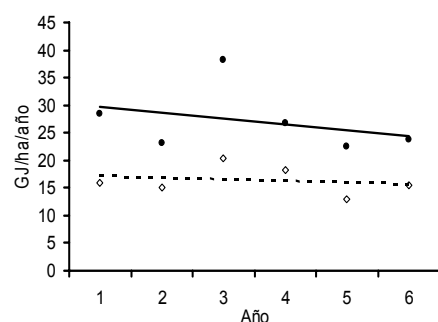
a) Intensidad de la fuerza de trabajo



b) Total de insumos energéticos



c) Eficiencia energética



d) Salidas energéticas

Figura 11. Dinámica de la intensidad de fuerza de trabajo humana (a), total de insumos energéticos (b), eficiencia energética (c) y salidas energéticas (d) en fincas integradas con 25% y 50% de área agrícola, luego de la conversión de un sistema ganadero basado en pastos. Líneas discontinuas: C25. Líneas continuas: C50.

Los resultados son relevantes para los tres segmentos principales de la producción ganadera cubana actual:

- 1) El creciente sector de pequeños productores a quienes el Estado ha conferido tierras en usufructo, y que utilizan rigurosamente los recursos disponibles con métodos intensivos en fuerza de trabajo.
- 2) El sector de los agricultores pequeños, que cultivan tierra privada y producen individualmente u organizados en Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) y en Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) a niveles aceptables de productividad, pero en la mayoría de los casos con bajas proporciones de integración ganadería-agricultura.

3) Las UBPC, creadas a partir de 1993 bajo la Ley 142, que reguló la subdivisión en unidades más pequeñas de las áreas ganaderas estatales, lo que ha sido favorable para implementar sistemas productivos diversificados y un modelo de finca familiar.

En total, estos tres segmentos abarcan aproximadamente 4.2 millones de hectáreas de tierra agrícola. Sin embargo, según estimados de la ONE, el área de tierra ociosa es de alrededor de 3 millones de hectáreas, es decir, la mitad del área agrícola (ONE, 2007), de las cuales la mayor parte pertenece a UBPC y empresas estatales.

Existe un debate nacional acerca de cuáles serían las estrategias más recomendables para el uso de estas vastas extensiones de tierra. Las experiencias de este estudio indican que es necesario promover estrategias de desarrollo de fincas integradas, diversificadas y autosuficientes, tanto a pequeña y mediana como a gran escala. Bajo estas condiciones, no tiene mucha importancia si se emplean métodos intensivos o extensivos, lo esencial es que las estrategias sean ambientalmente apropiadas y se utilicen recursos locales. En todos los escenarios pueden aplicarse numerosas prácticas de manejo de probada efectividad y con bajos insumos externos, baja intensidad de fuerza de trabajo y alta eficiencia. Sin embargo, continúa siendo una meta simplificar las actividades de manejo, considerando que la disponibilidad de mano de obra es aún una limitación primaria, debido al envejecimiento de la población y al éxodo hacia áreas urbanas.

Insumos energéticos

El aumento de la eficiencia en el uso de los insumos se identificó como un objetivo importante en el manejo de las fincas integradas prototipo. El reducido tamaño de las dos fincas experimentales permitió usar tracción animal y fuerza de trabajo intensiva, en sustitución de las operaciones mecanizadas. La fuerza de trabajo humana fue la mayor entrada energética en ambas fincas, que fueron diseñadas como sistemas de manejo intensivo, mientras los otros componentes (petróleo y alimento animal) representaron alrededor del 20% del total (figura 12).

En la finca C25, los insumos energéticos disminuyeron de forma lineal con el tiempo transcurrido desde el establecimiento del sistema integrado. Por su parte, la C50 tuvo un comportamiento parabólico con un máximo en el tercer año, en paralelo con la fuerza de trabajo (figura 11b). En la finca C25, donde se dedica un área menor a la producción agrícola, estos resultados fueron menores.

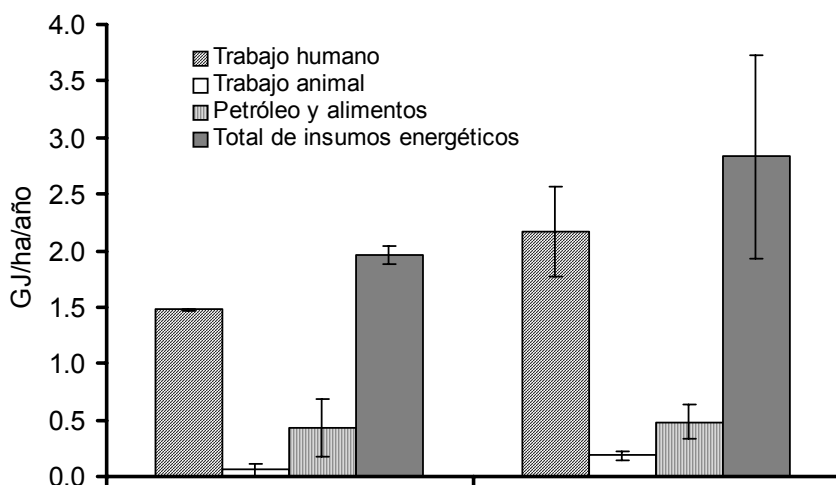


Figura 12. Uso promedio de los insumos energéticos en fincas integradas con 25% y 50% de área agrícola en un período de seis años luego de la conversión de un sistema ganadero especializado. Las barras de error indican la desviación estándar de la media.

Alcanzar altos niveles de producción con la menor cantidad posible de insumos (Hilhorst *et al.*, 2001) sería una ventaja bajo las condiciones de escasez de suministros que prevalecen en Cuba. Este es un argumento fuerte a favor de los sistemas integrados, incluso cuando la situación económica mejore.

Eficiencia energética

La alta eficiencia energética lograda por las fincas integradas fue el principal resultado luego de transformar parte del área de pastizales en tierra cultivable, lo que incrementó las salidas energéticas totales, mientras los insumos energéticos se redujeron (apéndice 2, tabla 2.4). La eficiencia energética muestra una tendencia al crecimiento con el tiempo después de la conversión en ambas fincas, fenómeno que se asocia a la disminución gradual de insumos, principalmente en forma de trabajo humano, en tanto el rendimiento energético se mantuvo estable (figura 12).

En términos energéticos, la proteína se produjo de forma más eficiente en los sistemas integrados (menores costos energéticos de la producción proteica) que en el sistema especializado. Aunque la eficiencia energética en los sistemas de producción agropecuarios tiene bases biológicas diferentes (Spedding, 1988; Stout, 1990), nuestros resultados indican que empleando sistemas integrados puede obtenerse mayor producción de proteína animal

por área de forraje. Este tipo de análisis de la eficiencia energética a nivel de finca está en línea con los estudios de Pimentel (2004) y Giampietro *et al.* (1994), quienes han realizado investigaciones en los flujos energéticos de la producción de alimentos. Sin embargo, los análisis de conversión de energía no deben ser considerados como una alternativa a los análisis financieros, sino como un complemento para cubrir mejor las complejas interrelaciones entre las finanzas y el ambiente en que operan los sistemas alimentarios (Giampietro *et al.*, 1994).

En países donde abundan los combustibles fósiles o donde se subsidia el empleo de altos insumos energéticos, los sistemas intensivos en el uso de la energía no enfrentan muchas limitaciones técnicas, sino otras de índole financiera o ambiental. Sin embargo, para países como Cuba, donde escasean ese tipo de combustible y el capital, la eficiencia energética constituye un tema crítico para la seguridad alimentaria nacional (Funes-Monzote y Monzote, 2001). Los altos precios del petróleo en el mercado internacional y los problemas ambientales —calentamiento global asociado a las emisiones de CO₂, contaminación del agua y el aire—, están guiando a la sociedad a exigir un uso más responsable y racional de las fuentes de energía no renovable. Por lo general se considera que la alta dependencia de combustibles fósiles es un indicador de baja sostenibilidad. Las alternativas energéticas renovables, como el biogás, la energía eólica y la solar, la biomasa y los biocombustibles, poseen aplicaciones potenciales para el desarrollo de sistemas agrícolas autosuficientes desde el punto de vista energético (Pimentel *et al.*, 2002).

4.3 Resultados financieros

Las dos fincas integradas lograron mayores beneficios netos y mejor relación beneficio/costo que la finca especializada (tabla 11). Este es el resultado de la incorporación de cultivos, la alta productividad por unidad de área de la finca, y los precios superiores de los productos agrícolas en comparación con los ganaderos (apéndice 1, tabla 1.2). El incremento de los ingresos de la finca con la venta de productos agrícolas en aquellas regiones donde es posible cultivar, podría ser una estrategia conveniente para apoyar la ganadería.

El valor total de la producción fue mayor en los dos sistemas integrados que en el sistema ganadero especializado al inicio del estudio, pero los costos totales también fueron superiores, lo que se asocia a los costos de la mano de obra necesaria en las actividades agrícolas. Para mantener o incrementar la

Tabla 11. Comportamiento de los indicadores financieros en la producción especializada (año base) y para las dos fincas integradas (C25 y C50) promediados en un período de seis años

Indicadores financieros (miles de CUP/ha/año)	Sistema de producción				
	Año base	C25	Desv. est.	C50	Desv. est.
Valor total de la producción	2.49	8.65	2.03	15.25	5.34
Valor de la producción agrícola	-	6.03	2.09	13.02	5.15
Valor de la producción ganadera	2.49	2.62	0.92	2.23	0.59
Valor neto de la producción	2.49	6.11	1.31	9.93	3.29
Costos totales de producción	1.87	3.51	1.15	4.86	0.81
Salarios	0.79	1.64	0.64	2.38	0.49
Compra de animales	0.50	0.20	0.32	0.20	0.32
Tratamientos veterinarios	0.04	0.06	0.02	0.04	0.00
Equipamiento y materiales	0.20	0.52	0.02	0.59	0.02
Combustible	0.25	0.17	0.01	0.42	0.02
Semillas	0.09	0.91	0.32	1.23	0.32
Beneficio bruto	0.62	2.60	0.67	5.07	2.83
Relación beneficio/costo	1.33	1.74	0.38	2.04	0.50

población rural, se requieren incentivos económicos; pero su ausencia y la toma de decisiones centralizada limitan el desarrollo del sector ganadero. El precio de la leche para los sectores vulnerables de la población es de 0.25 CUP/litro, mientras al productor se le paga aproximadamente 1.00 CUP/litro, lo cual es bajo en comparación con los costos. Por consiguiente, la producción de leche es una actividad poco atractiva desde el punto de vista económico.⁵ Mientras es difícil reducir el costo de la leche en los sistemas ganaderos de bajos insumos externos, en los sistemas integrados la producción de leche tiende a hacerse más factible cuando se combina con otras actividades agrícolas muy rentables, como la fruticultura, la floricultura y la horticultura.

Los resultados de este estudio no están en contradicción con la política nacional de priorizar el sector ganadero. Para ser políticamente aceptable, las estrategias de diversificación deberían demostrar primero que no afectan la «meta principal» de producir leche y que están asociadas con la «tarea social»

⁵ El precio de la leche es actualmente casi tres veces mayor, es decir, fluctúa entre 2.3 y 2.5 CUP/litro, lo cual ha incidido en un mayor acopio por parte de la industria. Sin embargo, aún a los precios actuales, los sistemas integrados siguen desempeñando un papel importante, no solamente en cuanto a la producción de otros renglones que benefician el balance financiero del sistema, sino también en términos de reciclaje de nutrientes y diversificación de estrategias de alimentación del ganado durante el año.

de las fincas ganaderas. Por lo tanto, cualquier estrategia, para ser sostenible, debe ser capaz de producir leche con el mínimo daño ambiental y a bajos costos en insumos externos. Pero si los cambios económicos o políticos condujeran al incremento del precio de la leche y la carne, otras metas, relacionadas con la protección ambiental y el desarrollo rural sustentable, serán suficientemente importantes como para mantener los sistemas integrados en la futura agenda agrícola de Cuba.

Las fincas de las UBPC están priorizando cada vez más la diversificación con el objetivo de alcanzar la autosuficiencia —alimentando a obreros y sus familias a bajos costos y vendiendo los posibles excedentes en los mercados locales o externos para mejorar su sostenibilidad financiera—, lo que hace aún más relevante estos resultados. Otras actividades emergentes que bien podrían combinarse con los sistemas integrados diversificados, como el agroturismo, la conservación de la naturaleza y la educación ambiental, son opciones atractivas que requieren mayor consideración.

Sin embargo, según se ha indicado antes, urgen cambios estructurales e incentivos económicos que estimulen el regreso de las personas a las áreas rurales y hagan un uso más económico de la tierra disponible. Estos resultados muestran que no debe desestimarse la importancia del impacto financiero de adoptar sistemas integrados para promover cambios en la agricultura.

4.4 Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo al inicio del estudio se calificó de media. De acuerdo con estudios cubanos (DNSF, 1982), el contenido de materia orgánica fue bajo y el pH de moderado a ligeramente ácido. Los niveles de fósforo disponible y de potasio intercambiable resultaron medios, mientras la suma de cationes intercambiables equivalió a una saturación baja y alcanzó la mitad de los valores «típicos» para este tipo de suelo (alrededor de 20).

Después de la conversión a sistemas integrados, los contenidos de materia orgánica tendieron a aumentar. Aunque en algunas áreas tal incremento fue estadísticamente significativo, estos datos deben interpretarse con cautela. En el método analítico para el cálculo de la materia orgánica, desarrollado por Walkley y Black, se ha asumido que se oxida el 77% del carbono orgánico y que la materia orgánica contiene 58% de carbono. Considerando que estos son valores promedio que pueden variar mucho en dependencia del tipo de suelo y de las prácticas de manejo, respectivamente, resultaría difícil atribuir los cam-

bios en la materia orgánica a las adaptaciones de manejo. Por tanto, estos resultados requieren observaciones a más largo plazo.

El pH del suelo tuvo un leve incremento y permaneció de moderado a ligeramente ácido, excepto en las áreas de cultivos y en el huerto diversificado, donde aumentó de manera significativa. El fósforo disponible disminuyó a bajo en los pastizales puros y en el sistema silvopastoril; se mantuvo medio en las asociaciones gramíneas-leguminosas así como en las áreas de king grass; y llegó a alto en la parcela de caña y de cultivos. Sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. El potasio intercambiable varió muy poco, excepto en la caña de azúcar y en el king grass, donde descendió. La suma de cationes intercambiables apenas fluctuó, y se mantuvo baja para todos los tipos de uso de la tierra (apéndice 1, tabla 1.1).

La aplicación de compost y vermicompost producidos en la finca a dosis anuales entre 4 y 6 t/ha en el subsistema agrícola, y otras prácticas de recuperación de los suelos, como la siembra de leguminosas y árboles, y el mulch, podrían mantener o incluso incrementar ligeramente la materia orgánica (Ridder y Van Keulen, 1990). Sin embargo, tendrían que añadirse alrededor de 40 t de biomasa por hectárea anualmente durante los primeros cinco años con el fin de aumentar la materia orgánica en 1%. Puede afirmarse que estas cantidades no fueron incorporadas a los sistemas integrados, confirmando las incertidumbres asociadas con el método de Walkley y Black.

La ligera disminución en fósforo disponible en el subsistema agrícola puede atribuirse a la continua exportación de este elemento a través de las ventas de leche y carne, y al estiércol colectado en los establos (aproximadamente 3.6 t anuales). En Cuba se han reportado incrementos de materia orgánica, pH y fósforo disponible en un sistema silvopastoril (Crespo y Rodríguez, 2000). Por lo tanto, no existe razón alguna para esperar el agotamiento de fósforo en este subsistema. Sin embargo, estudios realizados en Australia y Nueva Zelanda han mostrado efectos de acidificación como resultado de la fijación biológica de nitrógeno de las leguminosas, lo que a su vez redujo la disponibilidad de algunos nutrientes, como el fósforo (Ledgard y Steele, 1992). Al parecer, en el subsistema de king grass el potasio está agotándose y necesita ser restaurado. Este proceso fue documentado hace casi veinte años por Herrera (1990) y debería ser una meta de cualquier sistema integrado mantener un estatus favorable de potasio en áreas forrajeras de alto rendimiento.

Del análisis de estos datos se deriva que, como resultado de la exportación de nutrientes de la finca en forma de productos, y su redistribución mediante transferencias orgánicas, los nutrientes se acumulan en las áreas de cultivos,

mientras que en algunas otras (particularmente en los pastizales) son «extraídos» (Archard y Banoin, 2003). Esto es especialmente cierto para el fósforo y el potasio. La información sobre la dinámica del carbono quedó inconclusa, debido a las dudas existentes sobre la calidad de los datos analíticos. Sin embargo, la acumulación parece tener lugar en los subsistemas de cultivo, sobre todo en las cosechas anuales y en la caña de azúcar. Una solución a este problema podría ser la rotación a mediano plazo (5-7 años) de los cultivos y los subsistemas ganaderos. Por tanto, es preciso continuar investigando para determinar los efectos a largo plazo de las rotaciones y, en general, del manejo agroecológico sobre la fertilidad del suelo a nivel de sistema.

4.5 Consideraciones finales

Este estudio mostró que el uso más intensivo de los recursos naturales disponibles a nivel de finca, mediante sistemas integrados, contribuye a la autosuficiencia alimentaria, a la obtención eficiente de productos comercializables y al incremento de los ingresos familiares sin degradar la base de recursos que los sostiene. A pesar de la pequeña escala de este experimento, su impacto potencial es grande. Más de dos millones de hectáreas de tierra en Cuba se usan en sistemas especializados de producción de leche o carne, manejados en esencia bajo los mismos principios usados antes de 1990; mientras el ambiente institucional, en cuanto a infraestructura y disponibilidad de insumos, ha cambiado drásticamente. Los planes ganaderos actuales tienen lugar a pequeña y mediana escala en fincas familiares, en las cuales podrían aplicarse estos resultados.

La falta de capital para mantener los sistemas convencionales de altos insumos, la necesidad de aumentar el nivel de autosuficiencia alimentaria nacional y de limitar los impactos ambientales negativos, no son problemas exclusivos de Cuba, sino también de otros países en desarrollo y desarrollados.