

Reflexiones sobre la agroecología en Cuba

Análisis de la Biodiversidad

*Angel Leyva Galán
Jürgen Pohlan*

Dr. C. Ángel Leyva Galán

**INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
San José de Las Lajas, La Habana, Cuba**

Prof. Dr. H. Alfred Jürgen Pohlan

**ECOSUR, El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula,
Chiapas, México
Rheinische Friedrich-Universität Bonn,
Alemania**



**Primer curso de Agricultura Ecológica, realizado en el INCA (1991)
por los Doctores Angel Leyva y Jurgen Polhan**

Direcciones de los Autores

Falcón Rodríguez Alejandro M.Sc.	Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) Gaveta Postal No.1 San José de Las Lajas, La Habana Cuba. CP 32700 E-mail: alfalcon@inca.edu.cu
González Fuentes Esteban M.Sc.	Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) Carretera Tapaste San José y 8 vías Km. 23.5 Aptdo. 10 San José de Las Lajas. La Habana, Cuba E-mail:eglezfu@yahoo.com, eglez@censa.edu.cu
Jiménez Águila A. Marta Ing.	Instituto de Investigaciones Forestales (IIF) Calle 174 No. 1723 e/ 17B y 17C Reparto Siboney Municipio Playa, Ciudad de La Habana, Cuba E-mail: jimenez@forestales.co.cu
Leyva Galán Ángel Dr.C.	Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) Gaveta Postal No.1 San José de Las Lajas, La Habana Cuba CP 32700. E-mail:aleyva@inca.edu.cu
Pino Suárez Ángeles Dra.C.	Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) Gaveta Postal No.1 San José de Las Lajas, La Habana Cuba CP 32700. E-mail:angeles@inca.edu.cu
Pohlan, H. Alfred Jürgen Prof. Dr.	ECOSUR. Colegio de la Frontera Sur Carretera Antiguo Aeropuerto Km. 2.5 A. P. No. 36, 30700 Tapachula, Chiapas, México E-mail: drpohlan@excite.com
Revé Leonard, Félix Ing.	Instituto de Investigaciones Forestales de Cuba, Estación Experimental Forestal Guisa, Provincia Granma, Carretera a Victorino Km. 1½, La Soledad, Guisa, Provincia Granma, Email: eefguisa@eimagr.co.cu
Rijo Esperanza Dra. C.	Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) Calle 110 y 7ma. E-mail: inisav@ceniai.inf.cu
Campos Suris Moraima Dra. C.	Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) Carretera Tapaste San José y 8 vías Km. 23.5 Aptdo. 10 San José de Las Lajas. La Habana, Cuba E-mail:msuris@censa.edu.cu
Velásquez Rodríguez Francisco Jesús. Dr.C.	Universidad de Granma (UDG) paco@udg.co.cu , paco@udg.co.granma.inf.cu

PREÁMBULO

El libro “Reflexiones sobre la Agroecología en Cuba. Análisis de la Biodiversidad” ha sido escrito en aras de dar cumplimiento al objetivo de actualizar y orientar al personal encargado de investigar, producir y educar en la temática de la agricultura y constituye un acercamiento al propósito de establecer las bases del conocimiento participativo, mediante la armonización del conocimiento científico, fruto de los avances de la ciencia y la técnica y los resultados prácticos de los productores de avanzada, en el campo de la agricultura agroecológica.

Se abordan tres (3) capítulos básicos referidos a la biodiversidad: la alimentación como su principal fundamento de existencia, las técnicas para su conservación y la proyección futura de los agroecosistemas tropicales. Estos temas son complementados en 16 temas, que enmarcan los problemas históricos y actuales de la biodiversidad, su pérdida y recuperación, a partir de conceptos filosóficos y prácticos, principios y técnicas de la Agricultura Sostenible como la rotación de cultivos, policultivos, abonos verdes alelopatía, plantas utilizadas como insecticidas, los sistemas agroforestales, la producción animal y vegetal integrada, el control natural de plagas y los biofertilizantes

En el capítulo final, se aborda una metodología para desarrollar la biodiversidad a escala de finca o territorio, donde se exponen resultados prácticos de su aplicación en Cuba, a escala territorial hasta la pequeña parcela. Se anexa el cuestionario de preguntas apropiadas para la aplicación de la metodología y numerosas fotos vinculadas a los diferentes temas.

El libro es una compilación actualizada, sobre el tema “biodiversidad en el trópico”, para los que aman el olor de nuestros animales y plantas y defienden el verdor de nuestros campos y ciudades, o trabajan día a día por la conservación de los recursos naturales.

Los autores

ÍNDICE	PAG
<i>Capítulo I</i>	
PRINCIPAL FUNDAMENTO SOCIAL DE LA BIODIVERSIDAD BIODIVERSIDAD Y ALIMENTACIÓN	
Dr. C. Ángel Leyva Galán	
<i>Introducción</i>	1
<i>La biodiversidad y su relación con el problema alimentario</i>	5
<i>La biodiversidad en el trópico</i>	7
<i>Requerimientos nutricionales del ser humano</i>	8
<i>Los agrotóxicos en la agricultura y la salud humana</i>	13
<i>Los organismos manipulados genéticamente y la salud humana</i>	15
<i>Los productos biológicos y la salud humana</i>	18
<i>Consideraciones finales</i>	20
<i>Bibliografía</i>	21
PÉRDIDA DE LA BIODIVERSIDAD versus AGRICULTURA MODERNA	
Dr. C. Ángel Leyva Galán	
<i>Introducción</i>	23
<i>Situación actual y perspectivas</i>	26
<i>Bibliografía</i>	27
RECUPERACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD AGRICULTURA ECOLÓGICA SOSTENIBLE	
Dr. C. Ángel Leyva Galán	
<i>Introducción</i>	28
<i>Principales corrientes de actualidad</i>	32
<i>Agricultura Sostenible. Definición</i>	32
<i>Bases y principios de la Agricultura Ecológica Sostenible</i>	33
<i>Bibliografía</i>	35
AGRICULTURA SOSTENIBLE. BIODIVERSIDAD Y AGROECOLOGÍA	
Dr. C. Ángel Leyva Galán	
<i>Introducción</i>	37
<i>Índices de biodiversidad</i>	39
<i>Interpretación de la definición de Agricultura Sostenible</i>	41
<i>Factores que limitan la Sostenibilidad de los Agroecosistemas</i>	44
<i>Recursos de los Agroecosistemas</i>	45
<i>Componentes del Agroecosistema</i>	48
<i>Bibliografía</i>	51
LA AGRICULTURA ECOLÓGICA SOSTENIBLE. OTRO PUNTO DE VISTA. OPORTUNIDADES Y OBSTÁCULOS PARA EL FUTURO	
Prof. Dr. H. Alfred Jürgen Pohlan	
<i>Introducción</i>	52
<i>El desarrollo de la producción alimentaria a escala mundial</i>	54
<i>La diversidad alimentaria</i>	55
<i>Las herramientas de los agrónomos andan flojas</i>	56
<i>Aspectos clave de la agricultura sostenible</i>	57
<i>Definición de Agricultura Sostenible. Otro punto de vista</i>	57
<i>Aspectos más importantes para el desarrollo e la agricultura sostenible</i>	59

<i>Desarrollar el potencial científico y su creatividad</i>	61
<i>Transformar el sistema de subsistencia</i>	63
<i>Demostración de nuestra pobreza alimentaria</i>	64
<i>Consideraciones Finales</i>	65
<i>Bibliografía</i>	66
<i>Capítulo II</i>	
TÉCNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD VEGETAL.	
ROTACIÓN DE CULTIVOS	
Dr. C. Ángel Leyva Galán y Prof. Dr. H. Alfred Jürgen Pohlan	
<i>Introducción</i>	68
<i>Rotación de cultivos. Definición y Bondades</i>	71
<i>La práctica del monocultivo</i>	73
<i>Alternativas en la rotación</i>	73
<i>Razones que justifican la rotación de cultivos</i>	75
<i>Influencia de la luna en la rotación de los cultivos</i>	85
<i>Esquemas de rotación de cultivos</i>	86
<i>La rotación de cultivos en Cuba</i>	87
<i>Consideraciones finales</i>	92
<i>Bibliografía</i>	92
POLICULTIVOS O CULTIVOS ASOCIADOS	
Dr. C. Ángel Leyva Galán y Dra. C. María de los A. Pino Suárez	
<i>Introducción</i>	94
<i>Origen y desarrollo</i>	95
<i>Terminología de los policultivos</i>	96
<i>Bases Científicas del policultivo</i>	97
<i>Relaciones e interacciones entre plantas asociadas</i>	99
<i>Tipo de asociaciones vegetales</i>	101
<i>Evaluación de sistemas de cultivos asociados</i>	108
<i>Los policultivos en Cuba</i>	111
<i>Consideraciones finales</i>	112
<i>Bibliografía</i>	114
LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	
Ing. Marta M. Jiménez Águila y Dr. C. Ángel Leyva Galán	
<i>Introducción</i>	117
<i>Los sistemas agroforestales</i>	118
<i>Situación Internacional</i>	119
<i>Situación de Cuba</i>	120
<i>Zonas montañosas de Cuba</i>	123
<i>El futuro de los sistemas agroforestales en Cuba</i>	127
<i>Los sistemas agroforestales y la agricultura sostenible</i>	128
<i>Consideraciones finales</i>	129
<i>Bibliografía</i>	129
PRACTICAS AGRARIAS SOSTENIBLES EN LA SIERRA MAESTRA, CUBA. "EL ZAPOTE", UNA EXPERIENCIA AGROSILVICOLA.	
Ing. Félix Revé Leonard	
<i>Introducción</i>	132
<i>Características del escenario productivo</i>	133
<i>Aportes socioeconómicos y medioambientales</i>	136

<i>Consideraciones finales</i>	138
<i>Bibliografía</i>	139
ABONOS VERDES	
Dr. C. Ángel Leyva Galán	
<i>Introducción</i>	141
<i>Principales características de los abonos verdes</i>	142
<i>Especies de plantas utilizadas como abonos verdes</i>	145
<i>Aspectos tecnológicos generales de los abonos verdes</i>	146
<i>Los abonos verdes y su proceso de descomposición</i>	148
<i>Aspectos fitotécnicos a tener en cuenta en los abonos verdes</i>	150
<i>Cultivos a establecer posterior a la incorporación de los abonos verdes</i>	150
<i>Los abonos verdes y su uso en Cuba</i>	151
<i>Consideraciones finales</i>	153
<i>Bibliografía</i>	155
Capítulo III	
DIVERSIDAD DE PLANTAS POTENCIALMENTE ÚTILES EN LOS AGROECOSISTEMAS	
ALELOPATÍA	
Dr. C. Ángel Leyva Galán y M.Sc, Alejandro Falcón Rodríguez	
<i>Introducción</i>	157
<i>Definición de alelopatía</i>	158
<i>Teoría que explica la alelopatía a escala celular</i>	159
<i>Liberación de efectos alelopáticos al ambiente</i>	160
<i>Cómo utilizar la alelopatía en la agricultura</i>	161
<i>Efectos alelopáticos</i>	162
<i>Metodología para conocer los efectos alelopáticos</i>	164
<i>Resultados sobre alelopatía en Cuba</i>	165
<i>Potencialidades de las oligosacáridos como principios activos para el diseño de productos de Interés agrícola</i>	168
<i>Consideraciones finales</i>	172
<i>Bibliografía</i>	173
DIVERSIDAD DE ORGANISMOS EN LA REGULACIÓN DE PLAGAS QUE AFECTAN LOS CULTIVOS	
CONTROL NATURAL Y BIOLÓGICO	
Dra. C. Moraima Suris Campos, Dra C. Esperanza Rijo y M.Sc. Esteban González Fuentes	
<i>Introducción</i>	175
<i>Agentes que ejercen el control biológico</i>	176
<i>Tipos de controles biológicos</i>	177
<i>El control biológico aplicado</i>	178
<i>Reproducción masiva de microorganismos</i>	179
<i>Los formulados biológicos. Condiciones para su aplicación</i>	181
<i>El control biológico en Cuba</i>	181
<i>Consideraciones finales</i>	186
<i>Bibliografía</i>	187
DIVERSIDAD DE PLANTAS PROTECTORAS DE LOS AGROECOSISTEMAS. PLANTAS INSECTICIDAS	
Dr. C. Ángel Leyva Galán	
<i>Introducción</i>	189
<i>Los preparados naturales</i>	190

<i>Algunas técnicas para la conservación de semillas</i>	194
<i>Consideraciones finales</i>	195
<i>Bibliografía</i>	195
LA INTEGRACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD AGRÍCOLA Y PORCINA TRADICIONAL APROPIADA.	
Dr. C. Francisco Jesús Velázquez Rodríguez	
<i>Introducción</i>	196
<i>Antecedentes y descripción histórica</i>	198
<i>Situación actual del Cerdo Criollo en Cuba.</i>	201
<i>Tecnologías tradicionales empleadas en la crianza de cerdos Criollo.</i>	206
<i>La salud animal</i>	208
<i>Alimentación del cerdo Criollo Cubano</i>	208
<i>Repercusiones sociales y económicas reales y potenciales</i>	211
<i>Conclusiones</i>	212
<i>Bibliografía</i>	213
BIODIVERSIDAD DE MICROORGANISMOS EN LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS. LOS BIOFERTILIZANTES.	
Dra.C Elein Terry Alfonso	
<i>Introducción</i>	216
<i>La producción de los biofertilizantes</i>	217
<i>Rizobacterias estimuladoras del crecimiento vegetal (RECV)</i>	218
<i>Género Azospirillum spp.</i>	219
<i>Uso de Azospirillum en Cuba</i>	222
<i>Género Azotobacter spp.</i>	223
<i>El uso de Azotobacter en Cuba</i>	224
<i>Género Rhizobium</i>	225
<i>Asociación Azolla-Anabaena</i>	227
<i>Género Pseudomonas</i>	228
<i>Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HFMA)</i>	229
<i>Acción combinada de los microorganismos</i>	233
<i>Consideraciones generales</i>	235
<i>Bibliografía</i>	237
LA APICULTURA Y LA AGRICULTURA SOSTENIBLE	
M.Sc. Adolfo Pérez Piñeiro	
<i>Introducción</i>	244
<i>Abejas, Agricultura y Medio Ambiente</i>	245
<i>Abejas y Agricultura Sostenible en Cuba</i>	247
<i>Consideraciones finales</i>	249
<i>Bibliografía</i>	249
Capítulo IV	
FUTURO DE LOS AGROECOSISTEMAS DEL TRÓPICO METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA BIODIVERSIDAD VEGETAL (MEDEBIVE)	
Dr. C. Ángel Leyva Galán.	
<i>Introducción</i>	250
<i>Propuesta metodológica</i>	251
<i>Estrategia para el Desarrollo Agropecuario Sostenible</i>	258
<i>Concertación con todos los actores del desarrollo</i>	258
<i>Bibliografía</i>	259

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA MEDEBIVE	
RESULTADOS DE “MEDEBIVE” EN AGROECOSISTEMAS DE CUBA	
Dr. C. Ángel Leyva Galán	
<i>Introducción</i>	260
<i>La biodiversidad de los agroecosistemas de Cuba</i>	261
<i>Incremento de la biodiversidad. Motivaciones</i>	261
<i>Aplicación de la metodología Medebive. Fundamentación</i>	262
<i>Aplicación de la metodología Medebive. Resultados obtenidos</i>	263
<i>Impacto de la metodología aplicada</i>	268
<i>Bibliografía</i>	275
“LA JOYA”. PRIMERA PARCELA ECOLÓGICA DE CUBA.	
Dr. C. Ángel Leyva Galán	
<i>Introducción</i>	276
<i>La Joya, primera parcela ecológica de Cuba</i>	277
<i>El programador de riego Franchi</i>	279
<i>Importancia económica, ecológica y social del programador de riego en un sistema de producción aplicado</i>	282
<i>Consideraciones finales y lecciones aprendidas</i>	282
<i>Bibliografía</i>	283
ANEXOS	284
<i>Modelos de entrevistas</i>	285

Capítulo I

PRINCIPAL FUNDAMENTO SOCIAL DE LA BIODIVERSIDAD. BIODIVERSIDAD Y ALIMENTACIÓN

Dr. C. Ángel Leyva Galán



Lechuga- quimbombó, al fondo, maíz al final, Casuarina. La Habana, (Foto: Adalberto)

Introducción

Al parecer, los avances en el desarrollo agropecuario mundial y los actuales adelantos internacionales en términos de desarrollo agroindustrial, se derivan de los intentos del hombre en avanzar económicamente y simultáneamente tratar de resolver la alimentación al gusto del consumidor.

Al principio se luchó por sobrevivir, para lo cual se utilizó la biodiversidad nativa regional, como única opción alimenticia. Hoy, es posible transportar alimentos desde cualquier rincón del planeta en cuestión de horas y ponerlos a disposición de un mercado saturado de marcas y precios, cuya limitante para su acceso depende únicamente de las disponibilidades financieras de cada consumidor.

Siendo así, se podría pensar que sólo las desigualdades financieras constituyen las causas que determinan los problemas alimentarios del mundo y, por tanto, bastaría con alcanzar una equidad económica mundial y el problema quedaría resuelto. Sin embargo, más del 90% de la producción agropecuaria a escala mundial se continúa desarrollando desde una óptica economicista y por tanto mediante la utilización de métodos deteriorantes del medio ambiente, cuyas irreparables consecuencias afectan a toda la humanidad por igual.

Por otra parte, para lograr una adecuada alimentación del ser humano, faltan conocimientos entre la mayoría de los pobladores, sobre las disponibilidades alimenticias naturales existentes, la cuantía de los requerimientos nutricionales diarios, así como los alimentos que la proporcionan y aunque existen numerosos profesionales y técnicos especializados en el tema, e incontables libros, normas y tablas; todas dirigidas a estos propósitos, la mayor parte de la información se refiere a los alimentos que dominan el mercado internacional, obviándose una parte importante de productos responsables de la supervivencia de millones de personas a través de la civilización humana. Esta realidad ha atentado contra la diversidad de opciones de alimentos disponibles a escala mundial y a la vez el incremento de la colonización alimenticia internacional, al asumirse dietas a partir de los hábitos de consumo impuestos desde otras ludes, lo cual consecuentemente ha provocado el desarraigo cultural de la alimentación regional, que ha sido sustituido por nuevas fuentes de alimentos, cuya demanda ha estado íntimamente relacionada con las disponibilidades mercantiles. Ese mecanismo de comercialización ha generado sobresaturación de un privilegiado grupo de productos y, a la vez, ha privado del mercado especializado a una rica biodiversidad espontánea de excelente riqueza nutricional y de gran calidad gustativa. Con el abandono de esa riqueza natural, se ha perdido la tradición de brindar con orgullo el plato típico de la región, con consecuencias culturales muy claras; brindar al visitante el plato tradicional se considera casi una vergüenza.

Los cultivos de trigo, maíz, arroz, papa y Yuca representan más de dos tercios del sector agrícola mundial, por razones de comercialización y procesamiento rápido. Entre las especies frutales, la naranja, el banano, la manzana y la sandía ocupan el 70% de todo el volumen de comercialización, pero el trópico oferta más de 300 especies.

Por otra parte, se está confrontando una nueva enfermedad humana global, que es el exceso de peso hasta la obesidad, la cual azota a los EUA en un

31% de la población, mientras que México y Brasil se acercan al 20%, síntomas de que se está perdiendo el equilibrio de la alimentación diaria.

La macrobiótica, fundamentada por Hipócrates, y llamada por él como el arte de prolongar la vida, hoy día no está de moda por no ser comercial, sin embargo, el antagonismo entre las indisciplinas e ignorancia alimenticia humana y la tendencia hacia el incremento de las dietas es un problema coyuntural (Pohlan, 2004).

Una alimentación balanceada incluye, además de los valores calóricos, volúmenes y diversidad de grupos de la dieta básica, sino también calidad interna por vitaminas (A, C, D, E, K, B₁ a B₁₂), minerales (Ca, Fe y Zn) y antioxidantes, entre otros. Desde este análisis, nace la nueva realidad de vida saludable y de las Ciencias Agropecuarias, que requieren con urgencia el cumplimiento de la educación alimentaria, la actuación política y la remuneración.

Es imprescindible el conocimiento de cuanto debe comerse diariamente y cuanto se está comiendo. En EUA el consumo es de 2207g y en Alemania es de 1688g. En la mayoría de los países del mundo, el consumo está por encima de los límites normales (1500g por persona adulta por día) y ésta deberá basarse en un 35 a 45% de cereales y sus derivados, combinados con un 30% de vegetales y frutas, 20% de leguminosas y alimentos de origen animal, 8% de grasas y aceites y 2% de azúcares refinados. La nutrición básica, en condiciones de reposo, se garantiza con 1kcal por Kg. de peso del cuerpo por hora. Adicionalmente, los desgastes diarios en actividades físicas alcanzan las 2000 Kcal. para mujeres y 2500 Kcal. para hombres. Esto demuestra que en EUA se está consumiendo en promedio, 5059 Kcal. y en Alemania 3778, lo que representa un exceso innecesario (Pohlan, 2004).

En Cuba aún falta la cultura alimentaria de su población, mientras el consumo de carbohidratos regularmente es superior al que se necesita, el consumo de las proteínas, vegetales y frutas no está aún bien balanceado, sin embargo, el impulso dado al desarrollo de una agricultura urbana a lo largo de todo el país en los últimos 10 años, ha estimulado el consumo de vegetales frescos a niveles similares a los de los países desarrollados, todo lo cual constituye un signo de avance hacia la formación de una nueva generación de cubanos más saludables, por los conocidos aportes de estos vegetales frescos en vitaminas, minerales y aceites esenciales de gran importancia en la dieta humana.

Por estas y otras razones no vinculadas directamente al tema, el comercio de los productos agropecuarios a escala mundial asume la siguiente problemática: Un mercado saturado permanentemente, de productos exteriormente muy atractivos, de dudosa calidad interior y generalmente afectados en su mayoría por agrotóxicos y escasez de productos tradicionales de elevada calidad nutricional no muy vistosos, pero con exquisito sabor interno, generalmente poco contaminados por agrotóxicos.

Como consecuencia de la compleja situación que generó la segunda guerra mundial, en cuanto a la escasez de alimentos durante la segunda mitad del siglo XX, se prestó mayor atención al desarrollo de cultivos generadores de altas producciones de calorías y proteínas acorde con los gustos de la población europea que fue la más afectada y que a la vez resultara relativamente fácil su mecanización, provocando finalmente falta de atención a la diversidad de productos regionales, que han servido de sostén principalmente a la población rural de la franja tropical y que hoy contribuirían a ampliar la cultura de la alimentación a escala mundial, elevaría la biodiversidad de los agroecosistemas y con ella mejorarían las condiciones medioambientales; además de ayudar a resolver problemas vinculados a la nutrición humana.

Sin embargo, la humanidad se ha adaptado a ese sistema alimentario transportado, muy diferente a su cultura ancestral, aceptando esa realidad, aunque simultáneamente generaciones enteras están perdiendo la posibilidad de saborear otras especies, privilegio solamente, de muchos campesinos pobres, que por razones económicas, no tienen acceso al gran mercado especializado. Esa biodiversidad latente, aún no desaparecida, debe ser divulgada y paulatinamente incorporada al gran mercado internacional, a través de los numerosos programas que se desarrollan a escala mundial dirigidos a tales propósitos.

Pero en realidad la mayor preocupación existente hoy está relacionada con el consumo de alimentos contaminados por agrotóxicos, especialmente los que se producen en los países del tercer mundo, donde incluso se utilizan agrotóxicos proscritos en países desarrollados, sin que se establezcan leyes restrictivas para sus productores y clientes, salvo las que emanen de las grandes cadenas comerciales importadoras que responden a intereses de los países más desarrollados. Tal vez sea este el problema más grave que tendrá que enfrentar la humanidad actualmente en términos de alimentación humana.

La biodiversidad y su relación con el problema alimentario

Según Núñez (1997) la inestabilidad creciente de los agroecosistemas productivos por el incremento de plagas y enfermedades de los cultivos, parece estar íntimamente ligada a la expansión del monocultivo, cuyo establecimiento responde únicamente a suplir demandas económicas. El restablecimiento de los elementos homeostáticos de tal quiebra, solo será posible con la promoción de la biodiversidad, mediante diseños poli estratificados que mantengan poblaciones naturales y posean efectos disuasivos directos sobre la población de herbívoros y plagas.

Numerosos científicos del Movimiento por una Agricultura Biológica, así como organizaciones ecológicas internacionales, han advertido y denunciado el grave daño que la tecnología de producción monocultural provoca a los agroecosistemas frágiles, muchos de los cuales poseen una vocación selvática y al ser colonizados y utilizado para la producción agropecuaria, terminan con la degradación total del medio, al perderse por arrastre la pequeña capa del suelo fértil que se formó durante siglos.

Seis ejemplos del deterioro medioambiental y pérdidas de la biodiversidad a escala mundial heredado del pasado siglo XX se exponen a continuación:

- La desertificación como consecuencia del mal manejo de los suelos, avanzó a un ritmo de 6 millones de hectáreas por año sobre tierra fértil. Estados Unidos perdió el 30 % de sus tierras cultivables en 50 años y los países templados han reducido la tasa de materia orgánica de un 5 % a un 2 % (Aubert, 1977).
- Como consecuencia de las tecnologías modernas que promueve la tecnología de altos insumos, es decir, el monocultivo, los paisajes agrícolas mundiales están cultivando solamente dos especies de granos, 23 cultivos hortícolas y 35 especies de árboles perennes de frutas y nueces, lo que significa que solamente unas 70 especies se cultivan en una superficie próxima a los 1. 440 millones de hectáreas de tierra cultivada (Flower y Mooney, 1990).
- De las 30.000 variedades nativas de arroz existentes en la India en 1950, al culminar el siglo deben haber quedado unas 50, y el 75 % de la superficie cubierta, cuenta con solo 10 especies (Scheva, 1991).
- Sólo tres especies (maíz, arroz y trigo) aportan cerca del 60 % de las calorías que consume la humanidad y si a ello se le suma la soya y la papa, en sólo cinco cultivos prácticamente se alcanza el consumo de

calorías y parte de las proteínas de la población mundial. Ese contraste resulta escalofriante para los estudiosos de la biodiversidad de los diferentes agroecosistemas, que han encontrado hasta 152 especies de utilidad para la familia en agroecosistemas tendientes a los minifundios (Leyva, 1999) y hasta 600 especies en fincas de Filipinas manejadas bajo los principios de la agricultura ecológica (García, 1996, citando a Hecht, 1991).

- Prueba de la altísima dependencia que tiene la agricultura de altos insumos de un limitado grupo de especies (variedades en monocultivo) lo constituye la agricultura norteamericana, cuya superficie dedicada a los cultivos de frijol, papa y algodón, los desarrollan entre un 53 y 73 % con sólo tres o cuatro variedades; esa uniformidad genética, promueve elevada vulnerabilidad a dichos ecosistemas, como caldo de cultivo para la propagación de plagas y enfermedades, como las que han aparecido en cifras alarmantes en los últimos 50 años (Altieri, 1995).
- En el Medio Oriente se ha perdido el 70 % de la diversidad genética de trigo. (Boletín de la Asociación Vida Sana, 1997).

Brasil es el país de mayor biodiversidad vegetal a escala mundial con 40 mil especies regionales, seguida por Colombia con 26 mil (Malaver, 1999).

Los productos de origen vegetal constituyen el 93 % de la materia prima utilizada por la alimentación humana de los países desarrollados básicamente en las zonas urbanas. Sin embargo, la explotación de la biodiversidad vegetal es irrisoria si tomamos en consideración que se ha calculado en unas 50 mil las especies que podrían ser incorporadas a la dieta humana, de las cuales solo 5 mil son empleadas por el hombre (Esquivel, 1993)

La biodiversidad en el trópico

El cinturón tropical de la tierra posee 45 millones de km² y representa solamente el 30 % de todos los suelos del planeta, sin embargo alberga nada menos que entre 80 y 85 % de la biodiversidad animal y vegetal mundial (Primavesi, 1972). Tal privilegio (regalo de la naturaleza) obliga a

meditar, acerca de los modelos de producción que se deben establecer en condiciones tropicales, para garantizar la conservación permanente de la biodiversidad. En este sentido (Pohlan, 2000) ha indicado que si se hace una evaluación sobre la tasa anual de crecimiento de la población mundial ascendente a más de 6 mil millones de seres humanos y que, para el año 2 025 se calcula en más de 8 mil millones de habitantes, de los cuales el 83 %, vivirán en países en desarrollo, el reto estará en el máximo aprovechamiento de los recursos naturales sin deteriorarlos de forma irreparable, para lo cual la diversificación resulta un principio de elevada prioridad. Educar a la población en la ampliación de la diversidad de plantas para la alimentación, es una de las vías para incrementar el consumo de productos de poca demanda actual. Por ejemplo, China consume el 37.5 % del trigo que consume EE.UU., mientras la India lo hace sólo en un 25 %; esos déficit deben ser sustituidos por otras opciones alimenticias a disposición del consumidor.

PANAMÁ:.....	Tiene cinco veces más diversidad que Gran Bretaña;
COSTA RICA:.....	Posee 1500 especies de plantas en sólo 13.5 km ²
VENEZUELA:.....	Posee 14.5 % de las aves existentes en el mundo;
AMAZONA:.....	2.500 a 3.000 especies acuáticas
COLOMBIA:.....	Da soporte al 10 % del potencial biogenético del planeta
CUBA:.....	En 111 mil km ² tiene una biota terrestre de 32.050 especies
EUROPA CENTRAL:.....	sólo tiene 265 especies

(Urbina et al., 1996; Vales y Vilamajo, 2001)

Un ejemplo de las potencialidades del trópico húmedo lo demuestra la biodiversidad presente en los pequeños predios de las zonas campesinas del Departamento de Boyacá, Colombia. En minifundios que no llegan a la media hectárea, se han podido encontrar 138 especies de interés económico, ecológico y social, de ellas ocho especies animales manejadas bajo los principios de la agricultura biológica de corte intensivo francés. Esta biodiversidad es capaz de satisfacer las necesidades básicas de la familia, con una mínima importación de alimentos para los animales de la finca (Leyva, 2000).

También la biodiversidad natural juega un rol de gran importancia para equilibrar los agroecosistemas; para ello, se han manejado diferentes alternativas tendientes a tratar de mantener la biodiversidad natural, entre los cuales están los llamados corredores ecológicos en agroecosistemas productivos. Esta técnica provee la base genética de todas las plantas agrícolas de las regiones, las cuales han derivado de especies silvestres que

conservan los genes de la resistencia al medio y constituyen reservorios *in situ* de la diversidad vegetal (Altieri y Hech, 1991; Altieri, 1996).

La biodiversidad juega también una importante función como protectora de la erosión del suelo, controla la humedad al disminuir la evaporación y escurrimiento superficial, además aumenta la infiltración; regula plagas y enfermedades y mejora la autosuficiencia alimentaria de colectivos de productores, familia o ambos. Sobre el tema de la alimentación y requerimientos nutricionales del ser humano, se exponen algunas consideraciones a continuación.

Requerimientos nutricionales del ser humano

Existen numerosos organismos internacionales que han estado orientando y apoyando diferentes programas de nutrición y alimentación, en aras de propiciar cambios de hábitos y costumbres que favorezcan la salud del ser humano. La FAO y la OMS promotoras de esta ideas, asumen estos criterios como medida de referencia para evaluar la pobreza de los países, a partir de los consumos per cápita diarios y de esta manera colaborar con los países que presentan mayor déficit en los índices básicos que determinan la alimentación (energía¹, proteínas, grasas, vitaminas y minerales). Los requerimientos diarios del ser humano dependen de varios factores, dentro de los cuales han sido señalados como los más significativos, la edad, el sexo, los esfuerzos físicos y los hábitos de consumo. Se asegura que el sexo masculino requiere mayores cantidades de energía, proteínas y grasas.

De igual forma, con un mayor esfuerzo físico existirá un mayor gasto energético; por ejemplo, un trabajador de la construcción pierde más energía que un oficinista y, por tanto, debe consumir por día mucha más energía.

Sasson (1993) ha considerado como “un exceso de alimentación” a todos los que diariamente consumen una cifra cercana a las 3.400 Kcal., sumándole entre 60 y 70 g de proteínas; mientras que los mal alimentados los ubica entre los que consumen menos de 2.000 Kcal. y menos de 10 g de proteínas diarias. En este mismo sentido, ofrece los datos con las cantidades de nutrientes diarios necesarios de acuerdo a la edad, el sexo y estado de la mujer, según un comité conjunto de expertos y como recomendación de la FAO y la OMS en 1974 (Tabla 1)

¹La energía se mide en calorías asumiéndose por una caloría, a la cantidad de calor que se necesita para elevar la temperatura del agua de 14 a 15°C.

EDAD	<1	1-3	4-6	7-9	10-12		13-15		16-19		21		Embarazadas	Lactantes
					♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀		
Kcal.	860	140 0	180 0	220 0	2600	2400	2900	2500	3000	240 0	3000	2300	2600	2800
Proteínas	13	16	20	25	30	28	38	31	39	30	38	29	40	45
Vit. A (mg)	300	200	300	400	600	400	700	700	750	750	750	750	750	1.200
Vit. D	10	10	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	10	10
Tiamina	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	0.9	1.2	0.9	1.2	0.9	1.2	0.9	1	1.1
Riboflavina	0.5	0.8	1.1	1.3	1.6	1.4	1.7	1.5	1.8	1.4	1.8	1.3	1.5	1.7
Niacina	5.5	9	12	15	17	16	18	15	19	15	18	19	16.5	18.5
Ac. Fólico	60	105	105	105	105	105	210	210	210	210	210	210	400	295
Vit. B 12	0.3	0.9	1.6	1.6	2	2	2	2	1.9	1.9	1.9	1.9	3	2.5
Vit. C	20	20	20	20	20	20	30	30	30	30	30	30	30	30
Calcio (g)	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	1.1	1.1
Hierro (mg)	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	14	18	8	21	8	21	30	30

Ca	S	P	K	Cl	Na	Mg	Fe	Fl	Zn	Cu	Mn	Io	Mo	Cr	Co	Aqua
800	Amino-ácido	250 0	2500	2500	250 0	350	10	2	0.75	7	0.4	0.4	0.4	0.7	En vit B12	1. 5 l/día

Tabla 1. Cantidades de nutrientes diarios que recomienda Sasson (1993)

Sin embargo, las tablas alimenticias han ido variando en el tiempo, estableciéndose normas que a veces superan las propuestas señaladas, ofreciéndose cantidades superiores de proteínas .Este tema, no obstante, requiere de una mayor profundidad, dado que los estudios realizados en este sentido aún no son conclusivos, si se tiene en cuenta que la mayoría de los análisis se hacen a partir de investigaciones entre personas adaptadas a una alimentación convencional y, por tanto, los resultados responden a ese prototipo; tal vez ello sugiera el establecimiento de normas alimentarias más flexibles, teniendo en cuenta las regiones y cultura de los pueblos. Verdaderamente no existe entre los países en vía de desarrollo la educación necesaria sobre este tema; de modo que los productores, así como la mayoría de los consumidores, desconocen casi totalmente los requerimientos nutricionales diarios, a tal punto que resulta probablemente más fácil encontrar productores y consumidores que dominan mejor la dieta de sus animales, que la de sus propias familias Un productor que trabaje para el desarrollo de una agricultura ecológica, debe conocer estas normas, que aunque no son exactas y los valores que se presentan pueden variar por los diferentes factores señalados, ellas deben resultar más realistas que el desconocimiento de la información que se presenta.

Los alimentos son clasificados atendiendo a sus funciones y existen tres grupos a saber: Alimentos formadores, reguladores y energéticos. Para alcanzar una alimentación balanceada, se necesita consumir cantidades de alimentos de los tres grupos. Los alimentos formadores se caracterizan por sus altos contenidos en proteínas, siendo los de origen animal y sus

derivados los que dan mayores ventajas nutricionales. Los alimentos de origen vegetal ricos en proteínas corresponden básicamente a las leguminosas, que son las que poseen las mayores cantidades. Un grupo importante de productos formadores, reguladores y energéticos con sus bondades alimenticias se presentan en las tablas 2, 3 y 4 respectivamente (ICF, 1996). En dichas tablas se aprecia la ausencia de numerosos productos que aun cuando forman parte de la dieta diaria de personas en muchas regiones rurales del trópico, no son los que más se consumen en las zonas urbanas y generalmente son excluidas de las tablas alimenticias (ver capítulo de rotación).

Carne	Res	Proteínas, hierro, riboflavina y niacina
Carne	Cerdo	Proteínas, hierro, riboflavina, tiamina, niacina
Carne	Aves	Proteínas, hierro, riboflavina y niacina
Carne	Pescado	Proteínas, hierro, riboflavina y niacina
Origen animal	Huevo	Proteínas, hierro, riboflavina, niacina, grasas, vitaminas A y D
Origen animal	Leche	Proteínas, calcio, riboflavina y niacina, grasas, vitaminas A y D
Leguminosa	Lenteja	Hierro, proteínas
Leguminosa	Maní	Proteínas. Grasa y niacina
Leguminosa	Soya	Proteínas, grasa, Fe ,Ca y P
Leguminosa	Fríjol	Proteínas, hierro.
Leguminosa	Haba	Proteínas y fósforo
Leguminosa	Garbanzo	Proteínas, P, Ca, Fe.

Tabla 2. Alimentos formadores

Los alimentos reguladores son los alimentos ricos en carotenoides, Vitamina C y A, también poseen carbohidratos; a ellos corresponde las hortalizas, verduras, y frutas. Los alimentos energéticos tienen la característica de aportar grandes cantidades de calorías, a partir de sus elevados contenidos de carbohidratos Los principales alimentos corresponden a: cereales, raíces y tubérculos, azúcares, aceites y grasas. Los cereales y sus derivados aportan además de las calorías, hierro, tiamina y niacina.

ORIGEN	ALIMENTO	CLASIFICACIÓN	APORTES MAS IMPORTANTES
VEGETAL-HORTALIZAS	PIMENTÓN (CHILTONA)	ENSALADA	VITAMINA A, C Y CAROTENOS
	CHILE	CONDIMENTO	VITAMINA A, C Y CAROTENOS
	COL/ REPOLLO	ENSALADA	VITAMINA A, C, PROTEÍNAS, TIAMINA, CALCIO, RIBOFLAVINA Y CAROTENOIDES.
	ESPINACA	ENSALADA	VITAMINA A, C, CAROTENOIDES, HIERRO, TIAMINA, RIBOFLAVINA, PROTEÍNAS Y CALCIO.
	BERRO	ENSALADA	VITAMINA A, C, CAROTENOIDES, CALCIO, HIERRO, Y RIBOFLAVINA.
	ACELGA	ENSALADA, CONDIMENTOS	VITAMINA A, CAROTENOIDES, HIERRO, RIBOFLAVINA
	TOMATE	ENSALADA CONDIMENTOS	VITAMINA A, CAROTENOIDES.
	CILANTRO	CONDIMENTOS	VITAMINA C
	BRÓCOLI	ENSALADA	VITAMINA C, PROTEÍNA, TIAMINA, CAROTENOIDES, CALCIO Y RIBOFLAVINA.
	COLIFLOR	ENSALADA	VITAMINA C, PROTEÍNASS Y TIAMINA.
	LECHUGA	ENSALADA	TIAMINA
	REPOLLITOS	ENSALADA	VITAMINA C, PROTEÍNAS, TIAMINA, RIBOFLAVINA.
	CUBIOS	ENSALADA	VITAMINA C
FRUTAS	GUAYABA		VITAMINA C
	MANGOS		VITAMINA C, CAROTENOIDES
	PAPAYA		VITAMINA C, CAROTENOIDES
	CURUBA		CAROTENOIDES, NIACINA
	UCHUVAS		VITAMINA A Y CAROTENOIDES
	CHONTADURO		VITAMINA A Y CAROTENOIDES
	ZAPOTE		VITAMINA A , HIERRO
	DURAZNO		VITAMINA A Y C
	BANANO.		VITAMINA A Y CAROTENOIDES
	TUNA		VITAMINA C
	BADEA		NIACINA
	CHIRIMOYA		TIAMINA Y RIBOFLAVINA
	RANADILLA		NIACINA
	CEREZA		VITAMINA C
	BANANO		CARBOHIDRATOS
	BOROJO		TIAMINA, NIACINA Y RIBOFLAVINA
	ARBOL DEL PAN		TIAMINA Y PROTEÍNAS
	ALMENDRA (CHIGUA)		TIAMINA, PROTEÍNAS, CALORIAS, HIERRO.

Tabla 3 Alimentos Reguladores muy utilizados en la dieta diaria en el trópico.

Vegetal	Granos básicos	Avena	Calorías, proteínas, hierro
Vegetal	Granos básicos	Cebada	Calorías, proteínas, niacina
Vegetal	Tubérculo	Papa	Calorías, Vit C, niacina
Vegetal	Granos básicos	Arroz	Calorías, proteínas, fósforo, vitaminas
Vegetal	Granos básicos	Maíz	Calorías, proteínas, fósforo, vit A
Vegetal	Raíz	Yuca	Calorías, vit C
Vegetal	Fruto	Plátano	Calorías, carotenos
Vegetal	Tubérculo	Bore	Calorías, tiamina
Vegetal	Tubérculo	Ñame	Calorías, tiamina
Vegetal	Tubérculo	Arracacha	Calorías, carotenoides

Tabla 4. Alimentos energéticos de elevada utilización en la dieta humana

Los tubérculos y raíces representan a los almidones y azúcares, de altos aportes en calorías. Los aceites y grasas se distinguen por sus contenidos de vitaminas A y C.

Las regiones tropicales cuentan con numerosos cultivos energéticos, básicamente raíces y tubérculos muy apreciados por su gusto y buen sabor, que no se encuentran en los mercados europeos, al menos con frecuencia. La papa, el arroz y el trigo, sin embargo, nunca faltan.

Como cada región cuenta con características diferentes de suelo, clima y topografía, la elección de los cultivos a establecer por los productores en los agroecosistemas será diferente, teniéndose presente que en cada dieta alimenticia deben incorporarse productos de los tres grupos analizados.

Ya desde 1955, cuando la Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos publicó un estudio de la composición alimenticia de los principales cultivos de los países de América Latina, (Merrill y Watt, 1955) se pudo conocer las bondades de muchas plantas de gran valor alimenticio y que actualmente han quedado rezagadas. Un trabajo más reciente de Villachica *et al.* (1996) acerca de los frutales y hortalizas promisorias del Amazonía, muestra la composición y bondades de numerosas plantas comestibles cuyo uso internacional es casi desconocido y que muchas de ellas podrían enriquecer los agroecosistemas del trópico. Existen otras plantas que podrían jugar un importante rol en la alimentación animal y humana y que por razones no muy claras han sido abandonadas. Tales plantas merecen atención y si se demuestra que no tienen efectos colaterales adversos, podrían ser incorporadas a la lista de plantas que hoy se priorizan, ese es el caso del COMFREY (*Symphytum peregrinum*) que se presenta en el cuadro.

COMFREY UNA PLANTA POCO CONOCIDA

Nombre científico: *Sympytum peregrinum*

Es de origen Asiático y en Rusia e Irán la utilizan como remedio. Es comúnmente llamado “Comfrey Russo”, Actualmente se cultiva en diversas regiones de Rusia, Australia, Canadá y Europa. Su tamaño es variable, (generalmente 1 metro) el largo de la hoja es de 90 centímetro y el ancho es de 40 centímetros aproximadamente. La producción puede aprovecharse durante 40 años con la planta en el mismo lugar. Cortando su tallo, crecerá de nuevo inmediatamente y en forma normal. Es el vegetal que contiene el mayor número de sales minerales y proteínas en todo el mundo.

Utilizado como pasto es también muy resistente. Su valor es sorprendente como alimento y como remedio. Puede comerse frito, en sopa, como jugo natural y puede ser componente de los espaguetis, pan y galletas. La raíz, por tener tanta fuerza nutritiva, es utilizada para hacer conserva y como ración para peces. En el Japón se hicieron experimentos de alimentación mezclando del 60 a 70% en la ración para ganado lechero, notándose que hubo una mayor producción de leche que cuando se usó la ración concentrada. Para cerdo se usó de 80 a 90%; para aves 50%. En los huevos, el color de la yema se hace más nítido y adquiere vitamina B₁₂. Se utiliza para bovinos, cabras, porcinos, equinos, aves y liebres, con el fin de evitar coccidiosis o en el tratamiento de diarrea. No provocan gases estomacales

El COMFREY es bueno para curar enfermedades que aumentan a los glóbulos blancos de la sangre. COMFREY recupera inmediatamente la salud en los casos de problemas de hígado. La digestión de carbohidratos y proteínas lleva de 5 a 6 horas y si se toma 2 gramos de COMFREY, esta se haría en 2 horas. El COMFREY renueva las células y es también utilizado por las mujeres gestantes, para el desarrollo del feto.

Vit. A 28.0 Mg	Agua 13.42 %	B ₁ (Tiamina) 0.5 Mg	B ₁₂ 0.07 Mg	Alantoína 0.18 Mg	Carbohidratos 37.63 %
Vit. C 1 00.0 Mg	Extracto éter 2.22 %	B ₂ (Riboflavina) 1.0 Mg	Ácido pantotémico 4.2 Mg	Ácido Nicotínico 0.5 Mg	Caroteno 8.85 Mg
Minerales 15.06 %	Proteína 22.30 %			Ácido Nicotínico 0.5 Mg	Fibra 9.38 %

Información brindada por Productores de Boyacá, Colombia, (1999)

Los agrotóxicos en la agricultura y la salud humana

El tema de los agrotóxicos en la producción agropecuaria es quizás el de mayor importancia por su repercusión en la salud humana. Ellos han tenido un doble papel, por una parte de contribución al incremento de la producción de alimentos y por la otra, desequilibrios ecológicos, contaminación del medio y del hombre.

Hoy prácticamente todo el mundo está convencido del daño que muchos agrotóxicos han hecho y hacen a la producción agropecuaria. También se está de acuerdo en que esta práctica debe ser detenida cuando su utilización es indiscriminada; sin embargo, no se ha logrado establecer mecanismos eficientes que permitan dar cumplimiento a estos propósitos, salvo los que emanan del movimiento por la agricultura alternativa (llámese orgánica,

sostenible, biodinámica, natural, sustentable, regenerativa, biológica, permacultura, entre otras) y las restricciones que han establecido los gobiernos de los países desarrollados a los productos procedentes de otros países básicamente en vía de desarrollo, para algunos indicadores específicos.

Lo cierto es que para los mercados donde acude la mayoría de los pobladores del mundo no hay restricciones, por lo que es normal que al comprar un producto procedente del agro posea un alto nivel de contaminación.

En una publicación de la revista "Vida Sana" se ha indicado que los plaguicidas (plaguicidas) son sustancias químicas que están diseñadas para matar y que durante años se han explorado sus efectos a nivel neurológico, sistema inmune y toxicidad general; también se estudian los efectos que tienen ciertos plaguicidas de mimetizar el efecto de las hormonas humanas una vez que están dentro del organismo. Según esta revista, en el año 1993 se publicó un documento como consenso de 25 científicos, donde se incluye un grupo de productos que pueden interferir en la homeostasis (equilibrio normal hormonal en animales y seres humanos), y que han sido comercializados sin considerar estos resultados, por el hecho de haberse comprobado que no producen efectos carcinógenos y mutagénicos (cáncer y lesión al ADN, respectivamente).

Se ha comprobado, que entre un 40 y 90 % de los plaguicidas que se aplican no llegan a los insectos y al quedar en las plantas o son extraídas del suelo por estas, muchos de ellos se alojan en el organismo, como los plaguicidas clorados, otros como el DDT (considerado de una vida media de 57 años de persistencia en el suelo) son liposolubles (se acumulan en las grasas). La leche de vaca comercial en algunos países de América tiene entre 0.5 y dos veces más agrotóxicos que el autorizado por la OMS y, por tanto, ha aparecido en la leche materna (Altieri, 1995).

En un estudio realizado en California, el 44 % de las frutas poseían 19 residuos de productos, 55 % de las hortalizas y de ellas el 6.5 % de su contenido sobrepasaron el valor de 0.1 mg/kg; de manera que a los cinco años, ya se ha recibido el 35 % de lo permitido para toda la vida (Rosset, 1995).

América Latina gastó en el año 1980, unos 1.000 millones de dólares en compra de plaguicidas; se incrementó a 3.000 millones en 1994 (Altieri, 1995), por tanto, al comenzar el siglo XXI, esta cifra puede haberse incrementado mucho más y por tanto estos datos no dejan de ser

preocupantes, considerando que los países tropicales subdesarrollados son los más afectados por la falta de conocimientos y control de su aplicación. Estos productos, que como el DD-T, ayer fueron motivo de orgullo en la agricultura moderna, hoy constituyen una verdadera preocupación para la humanidad.

Los organismos manipulados genéticamente y la salud humana

Recientes descubrimientos biotecnológicos han sido dirigidos a la producción de alimentos manipulados genéticamente (OMG). Si bien tales alimentos (actualmente sometidos a una compleja discusión), una vez probada su inocuidad al ser humano, pudieran servir como fuente de progreso universal, también podrían convertirse en un gran problema mundial. Su expansión de hecho, contribuye a la paulatina extinción de los productores de menores ingresos, que por supuesto carecen de los recursos financieros necesarios para asumir esta tecnología insertada en ese manejo económico globalizador.

Está claro que los avances de la ciencia y la técnica han catalizado el incremento de la producción agropecuaria y, por tanto, el nivel de vida del hombre en sentido general, lo cual podría ocurrir con estos nuevos productos. Su manipulación sobre base estrictamente económica sin embargo, constituye hoy la mayor preocupación de los defensores de la agricultura en armonía con la naturaleza. Los avances que se han producido en el terreno de la genética en los últimos 25 años permiten manipular el ADN de las células, el código secreto que determina los caracteres propios de cada individuo, y transferir genes entre diferentes especies de plantas y animales. Así surgieron los Organismos Manipulados Genéticamente (OMG), y como resultado de los avances en la aplicación de esta tecnología, ya se han logrado varios productos transgénicos, entre los que se encuentra el tomate, dotada de la capacidad para poder resistir períodos largos sin deterioro.

También se comercializan diferentes productos como soya, maíz y tabaco; mientras otros, esperan por su autorización para ser introducidos al mercado. El mayor desarrollo alcanzado en el uso de esa técnica está vinculado a la biodiversidad vegetal, pues el 98,6% de los OMG son plantas, mientras el resto, (tabla 5) corresponde a animales, bacterias, hongos y virus (Borroto, 2 000; Ruiz, 1999).

CULTIVOS	REPRESENTATIVIDAD (%)	CULTIVOS	REPRESENTATIVIDAD (%)
Maíz	37.1	Arroz	1.3
Papa (patata)	11.8	Trigo	1.2
Colza	10.9	Melón	1.2
Soya	9.6	Alfalfa	1.0
Tomate	8.1	Álamo	0.6
Algodón	6.4	Calabaza	0.5
Tabaco	4.1		
Remolacha	3.0	Otras	3.2

Tabla 5. Principales cultivos transgénicos y su representatividad del total

Según Borroto (2000) a los OMG se le atribuyen entre otras ventajas, la resistencia de las plantas a las plagas y las enfermedades, la reducción del uso de agrotóxicos, la incorporación a la producción de nuevos suelos al lograrse plantas resistentes a la sequía y la salinización, larga vida post cosecha, aportes nutricionales adicionales, facilidades farmacológicas y aceleramiento del crecimiento animal, mientras que las desventajas se enmarcan en riesgos más allá de la tecnología, con implicaciones sociales, medioambientales, alergicidad, toxicidad, composición nutricional, daños colaterales a la biodiversidad, posibles escapes de genes, incremento de especies no deseadas por resistencia a herbicidas entre otros; pero la mayor preocupación se enmarca en los riegos éticos, con implicaciones religiosas con las posibilidades reales de poderse patentar la vida y con ello, La monopolización e incremento de las diferencias entre ricos y pobres.

Lo cierto es que los OMG son un hecho, que por estarse desarrollando bajo intereses estrictamente económicos, preocupan sobremanera.

El futuro de esta innovadora técnica se abrirá paso para el bien, solo si se cumplen las hipótesis de sus creadores y se demuestra que es inocuo al hombre, animales y plantas, sin efectos dañinos a largo plazo y se maneja a favor de la sociedad. Sin embargo...

“El empleo de esta técnica indiscriminadamente podría provocar un cambio en el curso de la historia, si se llegara a utilizar como arma de lucha por el poder.”

Un mal comienzo tuvo su comercialización en Europa, donde las organizaciones ecologistas la rechazaron enérgicamente, por no haberse manejado su introducción al viejo continente con toda la transparencia necesaria.

“La población tiene derecho a elegir lo que va a consumir”, han señalado los ecologistas, y para ello es necesario identificar el producto y no mezclarlo con el de producción convencional para evitar el rechazo.

A escala mundial existen más de 1500 aprobaciones para pruebas de campo de cultivos transgénicos, sin que exista en la mayoría de los países regulaciones estrictas de bioseguridad, para la interrelación de tales cultivos con el medio ambiente, una vez liberados según Altieri, (1998). Sin embargo hasta el momento no hay evidencia alguna que pueda probar que las plantas genéticamente modificadas son dañinas. Ya existen más de 4,000 variedades de productos que contienen elementos de plantas genéticamente modificadas en los supermercados americanos y canadienses, que han sido consumidos por más de cinco años, sin que haya ocurrido ningún caso que lamentar.

Recogiendo información de varios reportes de la literatura científica, sobre las imperfecciones de esta técnica (Hoenigsverg, 1999), se señala la existencia de alteraciones en la fisiología de los animales y plantas manipulados genéticamente y se ponen varios ejemplos, que cuestionan el éxito de esta técnica. Por esta información, parecería que la aplicación de esta técnica por el momento no está totalmente concluida, pero la probabilidad real de ser perfeccionada existe y la solución de los inconvenientes se resuelven en muy corto tiempo, debido a los avances que ha alcanzado la especialidad de la biotecnología a escala mundial; por otra parte, la presión económica que ejercen los países desarrollados sobre el resto del mundo, ha comprometido paulatinamente a la comunidad internacional a compartir esta aventura. Las protestas fundamentalmente de los ecologistas, no obstante, ha obligado a los gobernantes a tomar algunas medidas preventivas, tales como la que publicó el Diario Oficial de las Comunidades Europeas en febrero de 1997 sobre el Reglamento (CE) N° 258/97 sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios. El Reglamento se aplica a los alimentos e ingredientes alimentarios.

Para los países menos desarrollados, por otra parte, conocer y aplicar las tecnologías modernas que hoy dominan la economía mundial, les proporciona independencia económica y autoridad a escala internacional, siempre que dichas tecnologías sean puestas a disposición del bienestar de la sociedad. Cuba trabaja actualmente los OMG, aunque no los

comercializa. La estrategia en este sentido parece estar sustentada en la seguridad total, a través del conocimiento que se debe tener sobre los efectos negativos que puedan provocar estos productos en la salud humana, así como en el medio ambiente (Borroto, 2000).

Un análisis integral sobre el tema augura, que los OMG finalmente serán establecidos a escala mundial. Si esto ocurre, los pequeños productores podrían desaparecer. Pero ante tales circunstancias aún existe una oportunidad de supervivencia y ella es la producción biológica, es decir, la producción de alimentos sanos libres de agrotóxicos y a partir de semillas de origen genético natural. Sobre este tema, se exponen a continuación algunas reflexiones.

Los productos biológicos y la salud humana

En la década del 70 se inició a escala mundial un movimiento a favor de la producción orgánica, cuyo propósito básico ha estado dirigido a contrarrestar el uso excesivo de agrotóxicos y establecer una nueva cultura agraria, donde la agricultura sea vista como la base del estudio donde se produzcan alimentos descontaminados de agrotóxicos.

Un esfuerzo integrador de todo este movimiento ha estado a cargo de la Federación Internacional del Movimiento de Agricultura Orgánica (IFOAM) con sede en Alemania, creada en el año 1972 como organización mundial para la producción ecológica y agrupa cerca de 400 organizaciones establecidas en más de 100 países de todos los continentes y cuya tarea suprema ha sido la de promover la producción de alimentos orgánicos. Aunque evidentemente una organización de esta naturaleza puede influir en el desarrollo de un mercado élite y que por supuesto también fomenta ideas economicistas, no cabe duda que la promoción internacional de tal corriente contribuye a descontaminar los maltratados agroecosistemas y simultáneamente ayuda a elevar la calidad de la vida de los seres humanos. Esta organización ha establecido directivas para la clasificación y comercialización de los productos ecológicos, siendo éste básicamente el reglamento que establece la Unión Europea para el sistema de inspección y certificación de sus productos biológicos.

Los elementos básicos del mercado de productos ecológicos, son aquellos que cuentan con una certificación en el que consta que fueron cultivados con la aplicación de métodos ecológicos claramente definidos.

La comercialización de productos biológicos a escala internacional ha estado orientada a Europa y Estados Unidos, a partir del cumplimiento de

los directivos de reglamento de la Comunidad Económica Europea (CEE) número 2092-91 para el primero y el segundo, a través del programa de certificación establecido por California "Certified Organic Farmers" (ECOF) y la ley de alimentos de cultivos ecológicos (California Organic Food), formulada en 1979 (Buley; Grosch y Vaupels 1998).

La producción ecológica, sin embargo, no se limita a estos numerales. Cada país que ha alcanzado determinado nivel de desarrollo en la producción biológica ha utilizado la comercialización de productos biológicos en el mercado nacional, contribuyendo de esta forma a crear una cultura alimentaria libre de agrotóxicos. Ejemplos de ellos son los países como Brasil, México, Bolivia y Argentina; este último fue uno de los primeros países en establecer la reglamentación biológica.

Ciertamente los productos orgánicos poseen mayores precios y, por tanto, se convierte transitoriamente en productos elitistas de las clases sociales de mayores ingresos. La única manera de luchar por una mejor equidad social en este sentido es fomentando un mayor número de agroecosistemas produciendo a favor de la agricultura orgánica, pues el día que el mercado cuente con suficientes productos ecológicos, los precios tendrán que disminuir, por la ley de la oferta y la demanda; por el momento también los productores obtienen ventajas económicas, mientras se van educando en esta nueva concepción de hacer agricultura.

Las estadísticas sobre el área de cultivos orgánicos presentan las grandes diferencias entre los países que están encabezando este desarrollo y la mayoría de los países del trópico. Las extensiones más grandes se encuentran en Australia y Argentina (Zúñiga y Pohlan, 2002; Wiler, 2001) En Argentina el área con producción orgánica ha aumentado desde el año 1990 de 5.500 ha a una cifra de 3 millones de ha en el año 2000. Esto se debe en particular a la incorporación de pastizales para la ganadería bovina y ovina extensiva. La gran mayoría de los estados latinoamericanos aún están por iniciar siembras orgánicas. Brasil ya tiene 100.000 ha, sin embargo ello significa solamente el 0.04% de la superficie agrícola total de ese país. Con excepción de Costa Rica, (0.34%) todos los países de América Latina no alcanzan el 0.1% de cultivos orgánicos certificados Cuba no está incluida en las estadísticas internacionales, aunque en la actualidad se siembran y cultivan muchas áreas de forma ecológica.

En los EEUU en particular, el mercado de productos ecológicos asciende a un 2 % del mercado total y existe un potencial de incremento entre un 25 y 35 %. Estos indicadores permiten asegurar que aumentar la producción biológica constituye una garantía para el productor, partiendo de la

existencia de un mercado seguro en el ámbito internacional y un incremento apreciable en el nivel de conciencia entre los consumidores (Buley, Grosch y Vaupel, 1998).

Aunque la producción ecológica en Cuba se distingue entre las mayores del mundo, dado los avances alcanzados en la producción de hortalizas frescas de forma ecológica a través de la Agricultura urbana, la producción y comercialización de productos orgánica aun es escasa y se restringe a los productos siguientes: azúcar, miel, café, cacao, cítricos y plantas medicinales, especialmente la sábila, existiendo un gran potencial que pudiera predecirse como los de mayores posibilidades de demanda entre los siguientes: plantas medicinales y para condimentos, frutales diversos, como el coco y sus derivados, entre otros cultivo. También será necesario, la creación de una Empresa Certificadora, pues las mayores ganancias en la comercialización de estos productos se pierden con el pago a las certificadoras foráneas.

Consideraciones finales

El análisis hecho hasta aquí, por una parte pretende mostrar la realidad actual de la alimentación a escala internacional. Por otra parte, se expone la importancia de la biodiversidad en su relación con una agricultura ecológica y sostenible. En tal sentido, se hará referencia a una frase de Altieri (1996a), quien indicó: "la importancia de la biodiversidad en su relación con la agricultura ecológicamente sustentable radica en que la misma está intrínsecamente relacionada con la vulnerabilidad asociada a la uniformidad genética. La biodiversidad se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos existentes que interactúan dentro de un ecosistema, siendo los agroecosistemas los principales responsables de su afectación al ser esta reemplazada por un pequeño número de plantas cultivadas y de animales domésticos, que manejados inadecuadamente, impiden la presencia de numerosos insectos y microorganismos básicos para mantener el equilibrio ecológico; por ello, los sistemas productivos donde predominan los monocultivos, son los agroecosistemas más susceptibles a ser perturbados y, por tanto, son los principales promotores del desequilibrio ecológico."

Bibliografía

Altieri, M. A. y Hecht, S. B. (1991). Agroecología y el desarrollo del campesino pequeño. C.R.C. Press. Boca Ratón, Fla.

Altieri, M. A. (1995). Conferencia sobre Agricultura Biológica. Curso Internacional. – UNAH:

CEAS La Habana, Cuba.

Altieri, M. A. (1996). Bases agroecológica para una Agricultura Sustentable Ed. CLADES (CEAS, ISCAH). p. 102 -103; 124 – 125 CITA NRC, 1989.

Altieri, M. A. (1996a). El rol Ecológico de la biodiversidad en agroecosistemas. En: Agroecología y Desarrollo rural Sostenible, La Habana CLADES-UNAH p. 83–96.

Altieri, M. A. (1998). Riesgos ambientales de los cultivos transgénicos. Una evaluación agroecológica (parte I). Revista Agricultura Orgánica, Año 4, No. 1, p. 23–26. La Habana Cuba

Aubert, C. (1977). La Agricultura Biológica : pourquoi et comment la pratiquer. Le Courier du livre Paris. 367 p.

Borroto, C. (2000). Los productos Transgénicos. Conferencia Magistral (notas). X Seminario del INCA, La Habana, Cuba.

Boletín de la Asociación Vida Sana (1998). Información para la Acción Cívica Junio de 1998. Editado por Ayuntamiento de Barcelona, 35 p.

Boletín de la Asociación Vida Sana (1997). Para el fomento de la Cultura y el Desarrollo Biológico Abril de 1997 Editado con el Apoyo del Ayuntamiento de Barcelona 41 p.

Buley, M.; Grosch, P. y Vaupel, S. (1998). Exportar productos ecológicos Protrade Internacionae Hundelskometenz. Bereich Ökoprodukte GTZ GmbH. Alemania, 214 p.

Esquivel, M. A. (1993). Los recursos fitogenéticos y la Agricultura Sostenible. Conferencia. Primer Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Folleto de Conferencia y Mesa Redonda. Instituto Superior de Ciencia Agropecuaria de la Habana, Cuba p 19 – 22.

Flower, C. y Mooney, O. (1990). Shattering, food, politics and the loss of genetic diversity. The Univ. of Arizona Press Tucson AZ 178 p.

García, T. R. (1996). Efecto de la Agricultura Intensiva Industrial sobre el Medio Ambiente, en: Agroecología y Agricultura Sostenible Módulo 1. Ed. CLADES (CEAS, ISCAH) p.2- 8.

Hoenigsberg, H. (1999). Las Imperfecciones de la ingeniería genética. Periódico EL TIEMPO, ABRIL 26, ÚLTIMA /A Santa Fe de Bogotá, Colombia.

Hecht, S. (1991). La evolución del pensamiento agroecológico En: Agroecología y Desarrollo, CLADES. Santiago de Chile (1):2-15.

ICBF (1996). Tabla de composición de Alimentos Colombianos Ministerio Salud. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) D.C. Colombia. 132 p

Malaver, I. (1999). Inflada, biodiversidad en plantas. Artículo. Periódico El Tiempo. 2 A, 26/4/99

Rosset, P. (1995). Crisis de la Agricultura Moderna. Conferencia. Curso Internacional de Agricultura Orgánica, 1995, CEAS, ISCAH, La Habana, Cuba

Ruiz, M. (1999). El debate sobre los alimentos modificados. Periódico el País. Sociedad, p. 29., España, Viernes 19 de mayo e 1999.

Leyva, A. (2000) Informe sobre asistencia Técnica en el Dpto. de Boyacá, Colombia 74 p. INCA, La Habana, Cuba.

Merrill, A. L.; B. W. Watt (1955) Energie valuevof foods basic derivation. U.S. Department of Agriculture, Handbook No. 74.

Nuñez, M. A. (1997). Indicadores de Sostenibilidad en Agroecosistemas En: Aporte para el Desarrollo Rural Sustentable. Ed: Red de Agric. Ecológica (RAE-PERU), p. 16.

Pohlan, J. (2000). Agricultura Sostenible. ¿Sueños o Realidad? Conferencia. Resúmenes X Seminario Científico del INCA, La Habana, Cuba. 7 p.

Primavesi, A. (1972) Agricultura Orgánica. Conferencia. Congreso IFOAM. Cochabamba, Bolivia. Libro de Conferencias. p 16- 23.

Shiva, V. (1991). The vilence of the Green Revolution: Third World Agriculture Ecology and politics. Penang, Malaysia: Third World Network.

Sasson, A. (1993). La Alimentación del hombre del mañana. UNESCO/Editorial REVERTE; S.A. París, Francia. P. 9-16 (807 pp.)

Sill, M. (2001). Los Alimentos Manipulados Genéticamente. Taller de Intercambio sobre la producción Biológica. Grupo Kolpingwerk, S. A. Jaruco, La Habana, Cuba.

Urbina, P.; Eizaga F.; Dirinot, F. (1996). La Agricultura Sostenible y su potencial en el Trópico. Conferencia. X Seminario Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana Cuba. Folleto. (IPIAT) Venezuela, p. 19-22.

Vales, M. A. y Vilamajo, D. (2001). La diversidad biológica de Cuba. Conservación y uso sostenible. Revista de Información Científica y Tecnológica Ciencia Innovación y Desarrollo. VOL 6 No 1 (38-44).

Villachica, H. *et al.*, (1996). Frutales y hortalizas Promisorias del Amazonía. Tratado de Cooperación Amazónica. ./ Urano de Carvalho, J. E.; Hans Müller; Díaz C.; Almanza M.Secret. PRO-TEMPORE, FAO DGIS, ICRAF, PAUD, CAF, FIDA, TCA, PNUSA, IICA, GTZ, UNAMAZ Lima, Perú p. 9-343.

**PÉRDIDA DE LA BIODIVERSIDAD
AGRICULTURA MODERNA**
Dr. C. Ángel Leyva Galán



Corte de caña de azúcar quemada, Matanzas, Cuba (Foto: A. Leyva)

Introducción

Muchos historiadores consideran al Inglés J. Tull, como el precursor de la era agronómica con la publicación de su obra “Fundamentos de la Agricultura Racional”; pero como ciencia, la agricultura enmarca su auge a inicio del siglo XVIII con la aparición de una publicación del químico francés SAUSSURE, quien demostró la correlación entre el aumento en peso de las plantas con la fijación fotosintética de CO₂ y la absorción de agua; provocando de esta forma un efecto contradictorio sobre la teoría del humus vigente, que consideraba al suelo la fuente de compuestos carbonados presentes en las plantas (Álvarez Pinto, 1996).

La agricultura intensiva moderna en particular, alcanza su mayor desarrollo después de la Revolución Industrial del siglo XVIII, al dar comienzo una transformación gradual de la actividad agropecuaria hacia una esfera dependiente de la industria. Este proceso tuvo su base en los cambios ocurridos en el campo de la ciencia agrícola a escala mundial, al propiciarse la tendencia reduccionista de llevar los problemas biológicos a una esfera puramente física y química. Un papel determinante en esta corriente la jugó el químico alemán Justus von Liebig, quien destruyó completamente la teoría vigente hasta su época del papel del humus, como elemento que define la fertilidad de los suelos, al constatar que las aplicaciones de ciertos elementos presentes en alta proporción en las plantas, incrementaban notablemente los rendimientos. Liebig demostró que los requerimientos nutricionales de las plantas podían ser suministrados

a partir de sales minerales. Tal aseveración provocó el impetuoso desarrollo de los fertilizantes minerales, marginándose casi totalmente la importancia del humus para el suelo, el cual bajo esas circunstancias deja de ser un ente vivo para convertirse paulatinamente en un sustrato abiótico (García y García, 1991).

Pero, en realidad, la agricultura moderna alcanza su clímax durante la segunda mitad del siglo XX, con la aparición en el mercado de nuevas tecnologías de altos insumos, resultado del desarrollo alcanzado no sólo en el campo de la química sino también en la mecánica y la genética biotecnológica.

La agricultura asumió el papel de ser una fuente permanente de capital para la industria de corte urbano. Se impulsó su transformación apoyada en los conceptos del manejo de los procesos productivos procedente de la agricultura mediante el conocimiento físico-químico de los agroecosistemas y la sustitución progresiva del trabajo por capital, para el incremento de la productividad.

La mayoría de los países del mundo asumieron las nuevas tecnologías, como la vía económica más eficiente para lograr un desarrollo agropecuario acelerado, sin que se pudiera prever entonces, la paulatina dependencia que tal desarrollo produciría del mercado industrial. Brasil es uno de los ejemplos. Durante 15 años sus principales cultivos de frutales crecieron en su producción total en 16.8 %; el consumo aumentó en 12.1 % y la exportación en 30.9 %. Sin embargo, los insumos externos como fertilizantes, insecticidas, fungicidas, herbicidas y tractores, crecieron en promedio 1.540 % (Baltasar, 1985).

En el campo de la química se inició un impetuoso desarrollo de la producción sintética de plaguicidas. Si bien esta había aparecido al final de la cuarta década del siglo XX, con el descubrimiento del DDT en 1939, simultáneamente se desarrollan los herbicidas hormonales con el descubrimiento del 2-4 Diclorofenoxyacético en 1942 y su autorización de empleo en 1946, seguido de una cadena de otros plaguicidas como el Parathión y herbicidas derivados de la urea, triazina simétrica, uracilo y carbamato, entre otros, cuyo poder residual como herbicidas, ha sido causante de la proliferación de arvenses altamente dañinas como especies dominantes de los agroecosistemas, cuando no han sido combatidas eficientemente (Leyva, 1983).

El desarrollo biotecnológico, que tiene sus raíces en los trabajos de mejoramiento genético de Mendel en el siglo XIX, se acrecentó con la creación de híbridos y variedades de elevado potencial de rendimientos y alta respuesta, “High Yield Varieties y High Response Varieties” (HYV y HRV) que solamente se desarrollan y producen con alta carga de nutrientes y defensivos. Estos tienen el mérito económico de aportar elevados rendimientos por unidad de superficie, pero su aparición ha repercutido desfavorablemente en la preservación de la biodiversidad vegetal de especies tradicionales, dada su elevada difusión en los diferentes mercados del mundo.

En el campo de la maquinaria agrícola, que ha sido quizás la que ha alcanzado el mayor desarrollo en los últimos 50 años, se destaca el hecho de haberse implementado una maquinaria cada año más sofisticada y productiva, de elevada capacidad de utilización de la energía fósil, básicamente para ser utilizada en condiciones de monocultivo. Sus elevados precios se alejan cada vez más del alcance del pequeño productor, que no cuenta con grandes extensiones de tierra y mucho menos con el capital necesario para adquirir tales tecnologías. La tracción animal, esencial para el campesino minifundista, fue abandonada casi totalmente.

Este sistema de producción agrícola conocido comúnmente como agricultura moderna, la beneficia el mérito de haber elevado la productividad de muchos cultivos, entre ellos tres cereales de alta demanda como son el arroz, el maíz y el trigo, en un período de crisis, como consecuencia de las secuelas de la segunda guerra mundial. Gracias a esa tecnología renovadora para la época, la producción de cereales pasó de 700 millones de toneladas en 1950 a 1800 millones en 1955 y un incremento anual de 36 millones en la década del 60 (C.I.E.A.) pero simultáneamente también este sistema de producción ha venido provocando numerosos desastres visibles y no visibles, que agraden directa e indirectamente al ser humano. Su influencia negativa directa sobre la defensa necesaria a la diversidad de especies existente en el planeta, que bien podrían ser utilizadas directamente en la alimentación del hombre, es uno de los tantos ejemplos, que podrían enunciarse.

Por otra parte, es conocido que la modernización de la agricultura ha sido llevada a cabo sobre la base de un elevado costo social, una real ruptura de los límites de la naturaleza y, por tanto, un desequilibrio ecológico desmedido que unido a una contaminación ambiental sin precedentes en la historia de la humanidad, necesariamente debe ser detenida.

A continuación se señalan algunos ejemplos, de estudios y cálculos realizados por diferentes científicos y organizaciones internacionales que

invitan a la reflexión, porque en algo definen las perspectivas de la llamada "Agricultura Moderna".

- La revolución verde en la India ha traído como resultado: pérdidas de la biodiversidad, suelos empobrecidos, cultivos infestados por plagas, desiertos sin árboles y campesinos endeudados y descontentos (Scheva, 1991).
- En el mundo ocurren aproximadamente 10 mil muertes por año y cerca de 400 mil personas sufren intoxicaciones agudas por el uso inadecuado de plaguicidas (Altieri, 1995).
- El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente ha establecido en uno de sus informes que cuatro de cada cinco enfermedades endémicas de los países en vía de desarrollo, se debe a aguas contaminadas por agrotóxicos y falta de instalación sanitaria. Estas enfermedades provocan una media de 25 mil muertes por día (Urbina *et al.*, 1996).

Situación actual y perspectivas

La agricultura moderna basada en altos insumos, ha propiciado tecnologías de producción altamente productivas y de una eficiencia económica tal, que para algunos rozan los límites de la naturaleza. Estos adelantos han permitido en lo económico, avances importantes para la solución de los problemas derivados del desarrollo humano como es, por ejemplo, el abastecimiento de alimentos para las grandes ciudades. Sin embargo, estas tecnologías, altamente agresivas para el medio ambiente, deteriorantes de los recursos naturales, incluyendo al propio hombre, hoy son rechazadas por organizaciones internacionales, especialmente por el movimiento ecologista mundial. Dichas tecnologías parecen haber llegado a la culminación del cumplimiento de sus objetivos, visto desde la óptica del progreso universal, por cuanto en las condiciones actuales, se ha demostrado que un crecimiento de la producción a niveles superiores de los existentes, no necesariamente serán razones para solucionar los problemas del hambre en el mundo. Por tanto, estudiar y desarrollar nuevas tecnologías de producción agropecuaria benéficas al ser humano y los restantes seres vivientes del planeta, y encontrar fórmulas de equidad universal serán razones suficientes para sentir que se ha cumplido con el legado histórico de estos tiempos.

El cuidado e incremento de la biodiversidad autóctona de las campos del trópico debe ser una tarea de urgencia y de garantía para el futuro; considerando que es precisamente la biodiversidad el principio fundamental de la agricultura sostenible.

La agricultura sostenible sobre bases agroecológicas es la única opción capaz de contrarrestar el franco deterioro del planeta y deberá ser la tarea de máxima prioridad para el actual siglo, sin abandonar las investigaciones iniciadas y dirigidas al desarrollo moderno, no agroecológico, pero dirigido a un progreso naturalmente sano e inocuo al ser humano.

Bibliografía

- Altieri, M. A. (1995). Curso Internacional sobre Agricultura Biológica. CEAS. ISCAH MES. La Habana, Cuba.
- Alvarez Pinto, M. (1996). Abonos Verdes. Orígenes. Su uso en Cuba. Abandono de esta producción. Revista Agricultura Orgánica. Año 2, No. 1, p. 31. La Habana.
- Baltasar, M. B. (1985). A Agricultura e sea crítica Sec. Agric. S.Paulo Mimeo.
- C.I.E.A. (S/A) Centro Egipcio Internacional para la Agricultura. EGIPTO. Manual de Orientación
Ministerio de Agricultura. Secretariado de Relaciones Agrícolas Extranjeras.
- García T.R y García L. (1991) Conferencia Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana
- Leyva, A. (1983). Agrofitocenosis de la caña de azúcar Proc. XVIII Congreso ISSCT, La Habana Cuba p. 272.
- Mejía, M. G. (1995). Agricultura para la vida. Movimientos Alternativos frente a la Agricultura química. LED Asoc. Cooperación y Desarrollo Liechtenstein. Corporación para la Educación Especial Mi Nuevo Mundo, Cali p. 239-247.
- Urbina, P.; Eizaga, F.; Dirinot, F. (1996). La Agricultura Sostenible y su potencial en el Trópico. Conferencia. X Seminario Científico del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana Cuba, 25 p.
- Schiva, V. (1991). The violence of the Green Revolution Third world Agriculture Ecology and Politics Penaug, Third Wold Network.

**RECUPERACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD
AGRICULTURA ECOLÓGICA SOSTENIBLE**

Dr. C. Ángel Leyva Galán



Frutales Amazónicos, Palmito y chontaduro, Calamar, Guaviare, Colombia (Foto: A. Leyva)

Introducción

La Agricultura Ecológica, como historia, se remonta a la cultura agrícola del continente asiático, donde se propugnaba el uso del suelo en armonía con la naturaleza, tal y como lo hacían en el continente americano los agricultores de la cultura Maya. Sin embargo, este modelo agrícola protector de los agro ecosistemas, fue paulatinamente sustituido por otros más productivos, dados los avances científicos enfocados a la solución de los problemas de cada época, en un contexto de predominio económico que finalmente se impuso hace algo más de 350 años, respondiendo a la teoría del vocero de la ciencia moderna, René Descartes.

En medio del auge modernista de finales del siglo XIX y principios del XX, también surgieron ideas como las de Rudolf Steiner (1861–1925), filósofo austriaco que desarrolló en Alemania “La Agricultura biodinámica”, cuyos principios fundamentales se enmarcan en la visión de

la agricultura integrada en sí misma, en estrecha relación con el hombre y el cosmos. Steiner brindó gran importancia al humus y su papel en la fertilidad del suelo, reconoció la importancia de nutrir el suelo y no a la planta (trofobiosis)¹ y manejaba las corrientes filosófica de la época, como los principios de la homeopatía, la astrología y la radiónica mental (Mejía, 1995). Otra visión de ver la agricultura en armonía con la naturaleza se debe al botánico, agrónomo y micólogo inglés Sir Albert Howard, quien por primera vez dio nombre a la agricultura Orgánica y postuló el gran abismo existente entre la ciencia del laboratorio y su relación con la práctica productiva (García, 1993) Howard desarrolló el método de hacer compost, el cual bautizó con el nombre de la región donde lo creó (compost Indore), cuya composición era según Mejía, (1995) de 2/3 de estiércol más 1/3 de residuos vegetales.

Fue Howard de los primeros en pronunciarse, por la importancia de las micorizas en el suelo y anunció la degradación del medio por causa de los fertilizantes químicos.

Según García (1993), en la década del 40 se dio a conocer Robert Rodale, seguidor de Howard. Se incorpora al movimiento orgánico británico. En Pennsylvania fundó “la editorial Rodale Press” y la revista Organic Farming and Gardening, como una revista preventiva sobre la relación entre la salud y los alimentos orgánicos y fue uno de los primeros en emplear este término. Su hijo J. I. Rodale desarrolló e impulsó la agricultura regenerativa (incorporación de las tendencias regenerativas de la naturaleza), práctica agrícola que estimula y favorece el bienestar económico y social de la población

En 1935, Mokity Okada (1882-1955) y M.O.A. (1991) desarrollaron la agricultura natural tomando como modelo la naturaleza como la base del desarrollo agrícola natural. Para Okada, la naturaleza en su estado puro y original es la verdad

El movimiento agrícola “Tecnología apropiada” propugnada por Ernest Friedrich Schumacher, cobró auge en la década del 70, movimiento promovedor de tecnologías apropiadas a las condiciones concretas de cada región, en función de las características del agroecosistema y la cultura predominante. Schumacher abogaba por el desarrollo de las pequeñas empresas y el uso racional de los recursos del medio.

¹ Trofobiosis: Teoría propuesta por Francis Choboussou (1967) Las plantas con desbalance nutricional y tratadas con agrotóxicos, son más atacadas por plagas y enfermedades que las nutritas bajo un sistemas de alimentos ecológicos (Restrepo, 1995)

En su libro “Small is Beautiful”, Schumacher critica el modo de vida consumista y pronostica un futuro incierto para el mundo, bajo el modelo consumista que propugnan los países desarrollados.

Casi simultáneamente, el agrónomo francés Claude Aubert (1977) propugna la agricultura biológica, quien basa sus principios en el reciclaje de nutrientes, mediante un desarrollo armónico y diversificado de estos. Su filosofía se sustenta en la reducción del consumismo, el regreso al campo, desde las ciudades combinando nuevos hábitos de vida. Para él, la agricultura biológica es el reconocimiento de las plantas y los animales como seres vivos y no como máquinas de producción.

A finales de la década del 70, se desarrolló en Australia por Bill Mollison y David Holmgren una nueva corriente, que la llamaron Permacultura. Se trata de un proyecto de vida, que abarca todos los aspectos del asentamiento humano y no solamente la agricultura. Es la adaptación sostenible de una sociedad a base de la recuperación; es una ciencia y una ética al cuidado del planeta, que considera el paisaje y convive con sistemas poliestratificados en espacio y tiempo y tiene en cuenta a la biodiversidad como elemento determinante del agroecosistema.

Sin embargo, la mayoría de los defensores de la agricultura no química, coinciden en afirmar, que el origen del movimiento hacia el desarrollo sostenible a escala internacional, se debe a la obra de Rachel Carson (1962) “Primavera Silenciosa”, mensaje de advertencia al peligro de los plaguicidas (plaguicidas) sobre las aves migratorias. Su repercusión aceleró la prohibición del uso del DDT en los EE UU y en otras partes del mundo.

En las décadas del 80 y 90, ha sido la agricultura alternativa sobre base agroecológica la corriente de mayor fuerza en América Latina, debido quizás a la influencia de sus principales propugnadores, como Miguel Altieri, agrónomo chileno profesor de la Universidad de Berkely, California, quien escribió el libro "Agroecología, Base de la Agricultura Sustentable" (1984), obra que lo ha convertido en uno de los máximos exponentes de este movimiento, junto a Ana Primavesi, Ingeniera Agrónomo y agricultora brasileña, quien escribió uno de los libros técnicos más importantes de los últimos tiempos: "*El Manejo Ecológico de los Suelos*" (1984). Estos autores junto a la visión caribeña de Álvarez Febles, agricultor puertorriqueño, con su libro "*La Tierra Viva*" (1994) han constituido la fuente de información más importante para Latinoamérica, por la profundidad y claridad en los análisis. Particularmente, el libro de Álvarez Febles está escrito en un lenguaje fácil asequible a cualquier persona interesada en la agricultura, aunque no sea especialista.

En este contexto, hay que significar la existencia de organizaciones internacionales que han jugado un papel de elevada influencia en el desarrollo de la agricultura de nuestro tiempo. En este sentido, hay que destacar a *La Federación Internacional del Movimiento de la Agricultura Orgánica (IFOAM)*, creada en 1972, que promueve la agricultura biológica en más de 100 países y 400 organizaciones internacionales. Edita una revista trimestralmente (*Ecology and Farming*) y cada dos años realiza un congreso internacional.

En América Latina, se cuenta con *El Consorcio Latinoamericano Sobre Ecología Y Desarrollo (CLADES)*, con varias organizaciones no gubernamentales y publica la revista *Agroecología y Desarrollo*.

Ambas organizaciones promueven proyectos de investigación y trabajan por la producción y certificación de productos orgánicos.

Simultáneamente se han creado movimientos nacionales en casi toda América Central y el Caribe (Méjico, Guatemala, Panamá, Cuba, República Dominicana, entre otros), que enfocan su trabajo hacia el desarrollo de la agricultura sostenible sobre base agroecológica, presentando una lucha abierta contra los agrotóxicos en la agricultura, para lo cual se trabaja en las siguientes direcciones:

- *Educación de jóvenes y niños en un sentimiento de amor hacia la naturaleza*
- *Cambios de programas de estudio en Institutos y Universidades vinculadas a la agricultura e incentivo para los gobiernos regionales a la protección del medio.*
- *Encuentros científicos nacionales e internacionales con participación de profesionales y técnicos, profesores e investigadores, productores y dirigentes de la agricultura.*
- *Desarrollo de proyectos para la producción agropecuaria con base agroecológica.*
- *Divulgación de las bases y principios de la agricultura sostenible, elaborando folletos, revistas y libros.*
- *Creación de Movimientos dirigidos a la protección del medio ambiente, la producción sana y apoyo al campesino pobre.*

Principales corrientes de actualidad

Como resultado del enfoque filosófico contrario al paradigma cartesiano y sobre la base de las diferentes ideas que en el presente siglo han difundido algunos pensadores, han surgido diferentes corrientes, cada una de las

cuales tiene su propio mensaje, que pueden ir desde las menos tolerantes (Agricultura Orgánica) hasta las más flexibles, Agricultura Sostenible Moderna, pero todas tienen un objetivo común: la producción de alimentos con la menor cantidad de agrotóxicos posibles. De forma general el concepto más difundido es el de Agricultura Sostenible, también utilizada por muchos con el nombre de sustentable.

Se ha dicho que existen más de novecientas definiciones de agricultura sostenible, las cuales encarnan, al parecer, el sentimiento del resto de las definiciones de lo que podría llamarse agricultura no tóxica. Su filosofía ha sido manejada indistintamente por diferentes corrientes a escala mundial, de modo que algunas aceptan los agrotóxicos indicando su uso limitado o restringido, mientras otras los rechazan totalmente.

Agricultura Sostenible. Definición

La FAO la ha definido como el cultivo exitoso de todas las reservas agropecuarias, para poder satisfacer las necesidades humanas actuales y del futuro y, a la vez, debe conservar o mejorar la calidad del medio ambiente y establecer la biodiversidad, mediante tecnologías apropiadas.

Según Borgman y Pohlan (1995), la Agricultura Sostenible no es lo mismo que Agricultura Sustentable, (aunque la mayoría la asume como sinónimo) consideran que esta última se restringe al sostenimiento sin desarrollo, por el contrario la agricultura sostenible es el componente imprescindible para la supervivencia humana, manteniendo el equilibrio ecológico, protegiendo los recursos naturales y evitando daños ambientales. Esta agricultura debe cumplir con:

- *Satisfacción de las necesidades humanas y animales (forraje y pienso) y materia prima para la industria.*
- *Mantenimiento de los recursos fitogenéticos y zoogenéticos.*
- *Aseguramiento de una producción tecnológicamente adaptada, económicamente realizable y socialmente aceptable.*

En general la Agricultura Sostenible, según los autores de este libro debe considerar a la biodiversidad como su principio fundamental y constituye “*una nueva concepción de hacer agricultura, basada en conceptos agroecológicos, siendo el agroecosistema la base fundamental del estudio, sobre el cual el hombre, con su experiencia y conocimientos, fruto de los adelantos de la ciencia y la técnica, se auxilia de la trilogía suelo, planta, animal y los factores del clima, para satisfacer las necesidades crecientes y*

cambiantes del ser humano, sin deteriorar de forma irreparable al medio ambiente”.

Bases y principios de la Agricultura Ecológica Sostenible

La corriente filosófica del desarrollo agropecuario sostenible a escala mundial, tiene su base en la teoría general de sistemas, cuyo problema fundamental fuera enunciado por Aristóteles en la antigua Grecia al postular que: “*El todo es más que la suma de las partes*” (García, 1996). Este concepto considera los efectos sinergéticos de las complejas interrelaciones entre las partes y su entorno de los diferentes agroecosistemas, totalmente contrario al paradigma cartesiano, cuyo enfoque de investigación moderno, atomístico y unidimensional, señala a las matemáticas como epítome de la razón pura: “*La suma de las partes es igual al todo*” (Venegas y Siau, 1996). Según estos autores en agroecosistemas productivos, el examen de una o todas las partes constituyentes, no puede explicar la conducta de su totalidad, pudiéndose afirmar que estas responden a un funcionamiento de carácter sistémico, es decir, “*presentan objetivos globales (sistémicos), sinergia y organización, Jerarquía y recursividad (composición de subsistemas menores, interrelaciones o ambos), estructura y funcionamiento (interrelación interna y externa) y permanencia en el tiempo*”.

Otro sólido argumento lo fundamenta Primavesi (1972) al señalar que todos los equilibrios naturales son de carácter cílico y por tanto dinámicos, es decir, cada intervención en esos ciclos modifica y destruye el equilibrio existente y consecuentemente lo lleva a un equilibrio menor; por tanto, la maximización de los procesos productivos equivale a la destrucción del ciclo, conduciéndolo a un equilibrio menor, que en la práctica se manifiesta, con alteraciones en el equilibrio ecológico, como puede ser por ejemplo la erosión de los suelos por inundación, por falta de porosidad en su superficie. Estos criterios han sido también enunciados por Altieri (1996), al señalar que con el progreso y la modernización, los principios agroecológicos son continuamente desestimados. Las consecuencias se manifiestan en agroecosistemas modernos inestables y su efecto se presenta como rebrotos recurrentes de plagas, enfermedades, contaminación de agua, erosión de suelo y salinización, entre otros males que de no ser detenidos, terminarán por la destrucción de nuestro planeta.

Según Plaza y Sepúlveda (1996), citando a Tietenberg (1992), la visión de nuestro planeta, como cualquier otro espacio, constituye un sistema cerrado, cuya implicación teórica y práctica del desarrollo sostenible se sintetiza en la primera ley de la termodinámica “*La energía no puede ser*

creada ni destruida". En estas circunstancias, el flujo de materiales (insumos) procedentes del medio ambiente y que es incorporado al sistema económico tiene dos destinos: se acumula en el sistema económico o vuelve al medio ambiente como desecho. Este último en sus límites máximos se transforma en un problema, al perder su calidad intrínseca y por lo tanto pierde también su valor de uso. Por otra parte, señalan que la relación entre los seres humanos y el medio ambiente está condicionada por la segunda ley de la termodinámica o *Ley de la Entropía*, es decir: "Siempre se pierde una parte de la energía en su proceso de conversión y el resto de ella una vez utilizada no puede volver a emplearse". Si nuestra sociedad está funcionando en un sistema cerrado, sin nuevas fuentes de energía, su vida depende de ella y una vez que se agote, perece.

Por suerte, se cuenta con una fuente exógena (el sol) que establece un límite máximo de aporte energético, pero su aprovechamiento está condicionado por la capacidad que tengamos para captarla y utilizarla eficientemente. Por tanto, la implicación para el desarrollo sostenible está en las limitaciones de la energía solar y nuestra capacidad para utilizarla eficientemente.

Jilmi (1971), se ha pronunciado indicando que la vida es la negación de la segunda ley de la termodinámica..."*Es el principal resorte que ha puesto en movimiento todo el mecanismo de la evolución orgánica, cuyo resultado ha sido la formación del propio hombre y sus relaciones con el medio natural*".

Particularmente Novik (1982) ha expresado (como para confirmar a JILMI), que al destruirse algún recurso finito del planeta, los hombres descubren nuevas tecnologías, sobre la base de nuevos recursos prácticamente infinitos para una época concreta y señala: "*En la historia de la civilización ha ocurrido que con frecuencia, lo que en un principio fue residuo en la medida que ha progresado el saber, se ha convertido en un producto valioso y el valioso se ha desvalorizado*", como ocurrió en el siglo XIX con el petróleo, que básicamente era utilizado en la extracción de queroseno para el alumbrado, mientras que las fracciones ligeras (bencina) eran quemadas como desechos".

Cada análisis filosófico respecto al tema que se presenta, puede tener puntos de vistas que promueven al debate; ninguno, sin embargo, niega ni siquiera minimiza la concepción de que los recursos naturales se destruyen en el tiempo con mayor rapidez por irresponsabilidad del hombre, lo cual debe ser corregido a través de su conservación, protección y multiplicación, para que puedan perdurar en el tiempo. Esto se logra con el trabajo diario, la educación de la población y tomándose las medidas legislativas

correspondientes, para los que conscientes o inconscientemente obran contrario a estos análisis.

Pero un gran problema queda por resolver desde el punto de vista filosófico y también práctico, y es que mientras el pensamiento progresista a escala mundial se encamina al cuidado del medio ambiente, las ciudades modernas donde además casi todos desean vivir, se erigen como las máximas representantes de la contaminación medioambiental. La solución de este problema parece estar ausente en las agendas de discusión de los que están comprometidos con guiar las grandes urbes.

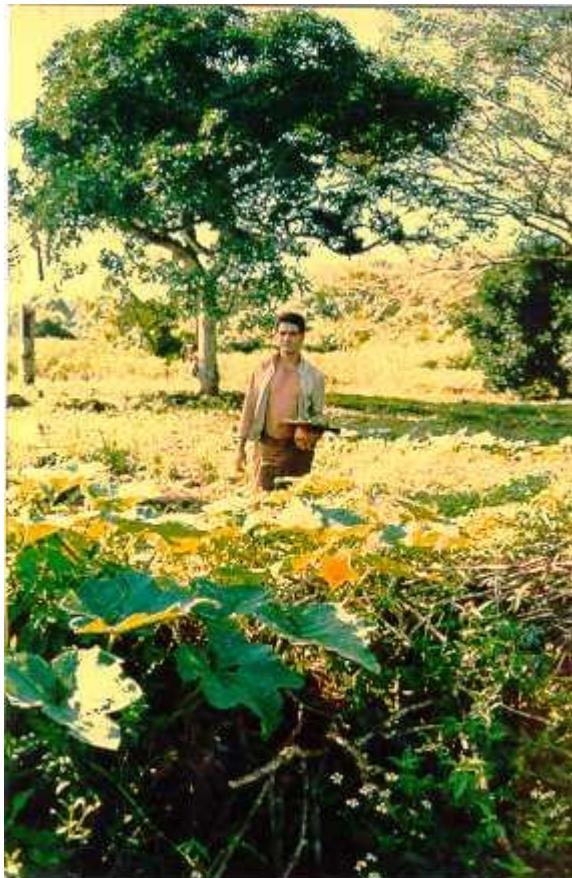
Bibliografía

- Álvarez Febles, N. (1994). La Tierra Viva. Manual de Agricultura Ecológica. Instituto de Educación Ambiental de la Universidad Metropolitana. Puerto Rico. 128 p.
- Asociación Mokiti Okada (M.O.A.) (1991). Porqué Agricultura Sustentable o Agricultura Natural Atami, Japao 41 p.
- Aubert, C. (1977). La Agricultura Biológica : pourquoi et comment la pratiquer. Le Courier du livre Paris. 367 p.
- Borgman, J. y J. Pohlan (1995). Agricultura Sostenible—eine perspective? Ed. Quetzal Heft Nr 11 Sommer 1995, 44p.
- García L. (1996). Elementos de Agroecología en: Agroecología y Agricultura Sostenible. Curso Postgrado Ed. CLADES (CEAS-MES), La Habana 91-97.
- García, R. (1993). Tendencias mundiales de la Agricultura Orgánica. Primer Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Conferencia y Mesas Redondas. Instituto UNAH, la Habana. 1 – 6
- JILMI, G. (1971). Organización de la biosfera y tendencia cósmica del Caos En: Recursos de la biosfera en el territorio de la URSS, Ed. Progreso, URSS, Moscú p. 43.
- Mejía, M. G. (1995). Agricultura para la vida. Movimientos Alternativos frente a la Agricultura química. LED Asociación para la Cooperación y el Desarrollo Liechtenstein. Corporación Educ. Especial Mi Nuevo Mundo, Cali 57-128.
- Mollison, B. Y D. Holmgren (1984). Permaculture I. Une agriculture perenne pour l'auto-suffisance et les exploitations de toutes tailles. Ed. de los autores, Tasmania, 180 p.
- Novik, I. (1982). Sociedad y Naturaleza Ed. Progreso, Moscú p 80, 97 –98 p
- Plaza, O. y Sepúlveda, M. (1996). Desarrollo Sostenible/. Metodología para Diagnóstico Micro Regional Bmz/Gtz/Iica San José De Costa Rica, 136 p.
- Primavesi A. (1972) Agricultura Orgánica. Conferencia. Congr. IFOAM. Cochabamba, Bolivia p 16- 23

- Rachel, C. (1964). *The Silent Spring*. New York Fawcett.
- Restrepo J. (1994). Teoría sobre la Trofobiosis . Plantas enfermas por el uso de Agrotóxicos. CONFERENCIA. Preparada en base al Texto de Francis Chaboussou, Cali Colombia. 39 p.
- Steiner, R. (1988). *Curso de Agricultura Biológica–Dinámica* Ed. Rudolph Steiner, Madrid, 320 p.
- Schumacher, E. F. (1974). Lo pequeño es hermoso. Tursen, S.A. German Blume Edic. Madrid 310 p.
- Venegas, R. y Siau, G. (1995). Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. En: Un reader avanzado sobre agroecología. Programa patrocinado por el PNUD. SANE. 109-115.

AGRICULTURA SOSTENIBLE BIODIVERSIDAD Y AGROECOLOGÍA

Dr. C. Ángel Leyva Galán



Parcela diversificada Cucurbitas y Xantosoma, Pinar del Río, Cuba (Foto: J. Pohlan)

Introducción

Para poder interpretar la vigencia e importancia de la biodiversidad vegetal, es necesario acercarse al mundo de la Agroecología. Si bien este vocablo es relativamente nuevo entre los especialistas del agro, su lenguaje agronómico tiene una fuerza incuestionable de apoyo al mundo por su supervivencia.

La Agroecología es la rama de la ecología que se encarga de los estudios de los agroecosistemas; entendiéndose por agroecosistema, a la interrelación entre los seres humanos y los factores bióticos y abióticos existentes en un lugar determinado (Altieri y Muñoz, 1996, citando a Montaldo, 1982). Por

tanto, el agroecosistema es un sistema ecológico que cuenta con una o más poblaciones de utilidad agrícola manejadas por el hombre en estrecha relación interactiva con el ambiente. De esta definición se deriva que el ecosistema es un sistema integrado por organismos vivientes (sin la intervención del hombre) y el medio ambiente, entre los cuales se intercambia materia y energía.

El sistema o los sistemas, en general, son definidos como un conjunto de elementos, diferenciados del mundo restante, relacionados estrechamente entre sí con estructura y función para actuar como un todo, por un objetivo determinado.

La característica esencial que diferencia al ecosistema de los restantes sistemas que existen, es la presencia de algún componente biológico (planta, animal o microorganismos) formando parte del proceso y sus interacciones y considera como sus componentes básicos los siguientes: elementos abióticos (energía), productores (plantas), consumidores (animales) y desintegradores (microorganismos). Los componentes bióticos (plantas, animales y microorganismos) determinan la estructura trófica o cadena alimenticia del ecosistema y se le conoce también por: Niveles tróficos, primero, segundo y tercero y conforman el sistema conocido como biocenosis o comunidad biológica, mientras que los componentes abióticos están organizados en uno o más subsistemas y constituyen en su conjunto el biotopo: unidad ambiental con la cual interactúa la biocenosis, que de acuerdo a su principio jerárquico de organización se pueden distinguir micro, meso y macrosistemas (García, 1999).

La biodiversidad tiene en cuenta también la población de genes dentro de las especies que integran el ecosistema y sus funciones como parte del equilibrio ecológico. A mayor diversidad de variedades dentro de una especie, mayor será el número de genes del ecosistema y, por tanto, menores serán las probabilidades de extinción.

Como las mediciones de la diversidad de las especies son frecuentemente vistas como indicadores del buen funcionamiento de los agroecosistemas, se han utilizado diferentes índices, entre los cuales los más comúnmente empleados son los siguientes (Vega, 1998).

Índices de biodiversidad

La diversidad de especies está compuesta por la riqueza de especies y la homogeneidad de su abundancia.

Las razones entre el número de especies y los “valores de importancia” de los individuos (número, biomasa, productividad, etc.) se designan como índices de la diversidad de especies (Odum, 1986). Los índices ecológicos pueden describir cualquier comunidad sin estar sujetos a la forma de distribución que ella adopte; los más utilizados se describen a continuación:

Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (H'): Aplicable a cualquier tipo de comunidad; es un buen indicador de los ecosistemas y las variaciones registradas para un mismo lugar en dos tiempos diferentes y cuya expresión matemática es:

$$H' = - \sum_{j=1}^s \frac{n_j}{N} \log \frac{n_j}{N}$$

Donde n_j es el número de individuos de n especie: 1, 2, 3.....j; N es el número total de individuos de todas las especies. En el índice de Shannon los individuos se muestran al azar, a partir de una población indefinidamente grande. Este índice, además, asume que todas las especies son representadas en la muestra y su valor se encuentra entre 1.5 y 3.5, sobrepasando difícilmente el valor de 4.5.

Índice de Equitatividad de Pielou (J'). Es la relación entre la diversidad alcanzada (H) y la máxima diversidad posible (Hmax), y se expresa por:

$$J' = H'/H_{\text{máx}}$$

Índice de Riqueza de Margalef (RM). Es la relación entre el número de especies menos la unidad y el logaritmo del número total de individuos. Este índice proporciona una visión instantánea y comprensiva de la riqueza de especies. Se expresa de la forma siguiente:

$$R_m = \frac{|s - 1|}{\log N}$$

s es el número total de especies y N el número total de individuos de todas las especies.

Índice de Dominancia de Simpson (Ds). Es inversa a la diversidad: Expresa la importancia relativa de las especies de una comunidad; es decir, especies que por la extensión de su presencia y su densidad por unidad de superficie, controlan el entorno bajo su influencia. Se expresa por la fórmula siguiente:

$$D_s = \sum_{j=1}^s \left(\frac{n_j}{N} \right)^2$$

N es el número total de individuos de todas las especies, n₁, n₂,... y n_i, el número total de elementos pertenecientes a la especie 1, 2,..., i, respectivamente.

Otro índice útil para evaluar estructura de especies en comunidades es, según Odum (1975):

Índice de Predominio: (C), que viene dado por la relación $(N_i/N)^2$, donde N_i es el valor de importancia de cada especie (número de individuo, biomasa, producción) y N es el total de los valores de importancia.

Índice de Similitud (S), sirve para calcular el índice de especies comunes entre dos muestras, para lo cual se necesita conocer el número de especie de cada muestra (A y B) y el número de especies en ambas muestras (C) de manera que: $S = 2C/A+B$.

Donde A, es el número de especies en la muestra A, y B es el número de especies en la muestra B; mientras que C, es el número de especies comunes a ambas muestras.

El índice de insimilitud sale de restar a la unidad, el valor del índice de similitud (S)

El dominio y manejo de la información presentada posibilita conocer el grado de estabilidad ecológica de los agroecosistemas y su posible corrección mediante el enriquecimiento de la biodiversidad a corto, mediano y largo plazo.

Interpretación de la definición de Agricultura Sostenible

Si se asume como definición que la agricultura sostenible es una nueva concepción de hacer agricultura, se está indicando que no se trata de volver al pasado, es decir, a la agricultura del siglo XIX y primera mitad del XX; pero como se basa en conceptos agroecológicos, donde el agroecosistema constituye la base fundamental del estudio, entonces se está retomando parte de la tecnología conservada por la civilización humana de generación en generación y, por tanto, se interrelaciona con la cultura agrícola que predominó antes de la primera mitad del siglo XX.

La novedad científica de este concepto es que incorpora los adelantos de la ciencia y la técnica, sin deteriorar de forma irreparable el medio ambiente y, a la vez que, satisface las necesidades crecientes y cambiantes del ser humano; se sustenta en que el hombre con sus conocimientos e inteligencia trabajará auxiliándose de la trilogía suelo, planta, animal, así como, de los factores climáticos, para lograr dichos objetivos.

Esta concepción de agricultura sostenible no pretende rechazar los adelantos que el hombre ha creado con su trabajo e inteligencia en términos de desarrollo moderno, como es el caso de la biotecnología aplicada, siempre que se demuestre que estos no son causales del deterioro del propio ser humano y el medio ambiente en que vive; se trata de asumir con responsabilidad la proyección del desarrollo agropecuario en su dirección tridimensional (económico, ecológico y social) y, no sólo en la unidimensión económica del actual ámbito mundial . Por tanto, para que una agricultura sea sostenible, debe cumplir con los siguientes propósitos:

- *Desarrollar una alta biodiversidad*
- *Basarse en conceptos agroecológicos e integralidad del agroecosistema como unidad fundamental del estudio.*
- *Trabajar sobre la base de la trilogía suelo, planta, animal y las condiciones climáticas del medio.*
- *Tener en cuenta los adelantos de la ciencia y la técnica.*
- *Satisfacer las necesidades crecientes y cambiantes del ser humano.*
- *Preservar los recursos naturales y cuidado del medio ambiente.*

Desarrollar una alta biodiversidad

La diversificación se refiere a la necesidad de contar en el agroecosistema con un alto número de especies de plantas, animales y microorganismos, sin sobrepasar los límites de la carga permisible, en función del tamaño del agroecosistema y las características específicas de cada región. Tal propuesta no implica que se prescinda de una cantidad de superficie porcentualmente superior para las especies que van a constituir fuente de

ingreso a través de la comercialización; la idea es que ésta no se convierta en obstáculo para incorporar una alta diversidad de especies no comerciales (que lo pudieran ser en el tiempo) y que satisfaga necesidades económicas, ecológicas y sociales, para la familia, el colectivo de trabajadores y la comunidad. Esta filosofía aplicada a la práctica social, considera no solo los cultivos y animales para el consumo, sino también elementos necesarios de la vida espiritual en su accionar interno y externo, como el jardín en el entorno de la vivienda, donde se acumula una gran cantidad de mariposas, aves silvestres e insectos benéficos o no, símbolo de la estabilidad ecológica de los agroecosistemas productivos.

Agricultura basada en conceptos agroecológicos

Altieri (1996) ha señalado al respecto, que la idea es desarrollar agroecosistemas con mínima dependencia de insumos agrotóxicos y energéticos externos y enfatiza sobre las interacciones y el sinergismo entre los componentes biológicos de los agroecosistemas, mejorando así la eficiencia biológica y ecológica con la respectiva protección del medio ambiente. Analizar los procesos agrícolas de una forma más amplia y entenderlos de una manera integral y holística. Por ser el ecosistema la unidad fundamental del estudio, los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigados y analizados como un todo.

Considerar la trilogía suelo, planta, animal.

Los recursos naturales se resumen en la trilogía suelo, planta animal, unidos a las condiciones del medio. La interrelación entre la producción animal y vegetal constituye un principio necesario en la agricultura sostenible, pues de ella se espera un aprovechamiento máximo de los recursos y un adecuado reciclaje en el proceso de complementación de la estructura trófica del sistema.

El manejo ecológico del suelo sugerido por Primavesi (1990) invita a considerar al suelo como un ente vivo, que necesita mantener su bioestructura en condiciones óptimas: alta y biodiversificada su microbiología, elevada biodiversidad y manejo de cultivos, tecnologías que se adapten a las condiciones del medio, para lo cual se necesita dominar las técnicas sostenibles de producción, la historia del agroecosistema y las interrelaciones entre los procesos que ocurren durante su conducción.

Asumir los avances de la ciencia y la técnica

El gran problema que siempre ha existido y que ha sido la causa suprema de los fracasos del desarrollo agropecuario armónico, se debe a la

incomprensión y contradicciones existentes entre científicos y productores y el grado de subestimación existente entre ellos. La agricultura sostenible trabaja por la armonía y el aprovechamiento de los aportes que ambos hacen a la ciencia agrícola y toma de ambos, lo que proporciona mayores beneficios integrales. Históricamente, el productor se ha retroalimentado de los aportes de la ciencia y la técnica y sobre todo la ha asimilado cuando le ve un beneficio real. La agricultura sostenible acepta los aportes científicos, cuyos beneficios se enmarcan en el incremento, la protección o no afectación de lo económico, lo ecológico y lo social. Negar la importancia de la ciencia y la técnica en el desarrollo agropecuario, sería negar los avances que por ejemplo en el campo de la microbiología han ocurrido en los últimos veinte años, o lo que ha pasado en lo referente a la creación y producción de medios biológicos, que aún cuando estos no representan la máxima aspiración de los defensores de la agricultura biológica, sin lugar a dudas constituyen la expresión práctica más avanzada en términos de sustitución de productos químicos contaminadores y exterminadores del medio agroecológico. Estos ejemplos hablan por si solos, de la importancia de considerar la ciencia y la técnica como elementos determinantes del desarrollo sostenible de la agricultura.

Satisfacer las necesidades del ser humano

No siempre el enfoque sostenible de la agricultura tiene en cuenta los intereses del ser humano en cuanto a necesidades espirituales. La agricultura sostenible deberá conducirse de tal manera, que como resultado del trabajo, el hombre no solo satisfaga sus necesidades alimenticias, sino que debe contar con un presupuesto como consecuencia de sus ganancias, que le permita solucionar problemas vinculados al desarrollo (educación, salud, humanización del trabajo, acceso a la cultura, recreación, vestuario y calzado), para lo cual se necesita contar con el apoyo institucional y gubernamental en la adecuación a todos los niveles del sistema de comercialización, que le permita al productor obtener ganancias para la satisfacción de las necesidades indicadas y proteger su desarrollo futuro, utilizando parte de las ganancias en nuevas inversiones para el agroecosistema.

Preservar los recursos naturales

El enfoque que se desea brindar está íntimamente relacionado con las realidades y no con los sueños. Siempre que hay intervención del hombre hay deterioro de los recursos naturales y alteración del medio ambiente, algo que no parece posible evitar. La idea que se quiere transmitir, es que se desea tener un mínimo de conocimientos y un máximo de sensibilidad hacia la protección de la naturaleza, de manera que por cada afectación o deterioro que se provoque, se tenga la perspectiva (si es preventiva mejor)

de contribuir con su reposición. Esta propuesta lleva aparejada la necesidad de establecer capacitaciones por parte de quienes verdaderamente conocen y sienten el trabajo que realizan y por tanto, las ideas que transmiten están acorde con esos sentimientos. Estos principios no pueden constituir modas, sino medios de lucha permanentes contra la ignorancia de quienes por falta de información no logran ver en el deterioro medioambiental, el peligro de la supervivencia humana.

Factores que limitan la sostenibilidad de los agroecosistemas

Los agroecosistemas se diferencian del resto de los sistemas en que su propósito es satisfacer las necesidades crecientes y cambiantes del ser humano. La estructuración jerárquica desde los niveles superiores hasta los inferiores, ha sido estudiada por la agroecología y descritas en tres niveles básicos a saber: Agroecosistemas, finca y región; sin embargo, según la óptica de cada autor, el agroecosistema y la región pueden ser desagregados en varios subsistemas (de cultivos, animales, suelo y clima, entre otros) y estos a su vez pueden subdividirse en sistemas de menor nivel (García, 1996). Partiendo de la definición de agroecosistema, perfectamente podrán ser calificadas las regiones y las fincas como agroecosistemas mayores o menores, según se trate de una región o una finca respectivamente. Ambos cumplen con el principio de estar integrados por factores bióticos y abióticos y la participación del hombre, interactuando en un lugar determinado. Para un mejor manejo de la información que se brinda en el texto, solo se hará alusión al agroecosistema, con independencia de su tamaño y características generales del lugar en el cual se inserte.

El agroecosistema está determinado por varios factores que lo definen como productivo o improductivo. Los factores de mayor incidencia son: ubicación geográfica, grado de intervención, cultura agrícola de los conductores, condiciones edafoclimáticas del agroecosistema, disponibilidad de recursos financieros y naturales, estabilidad del mercado y condiciones sociopolíticas de la región a la cual se insertan. Pero un agroecosistema puede ser muy productivo y no ser sostenible.

Actualmente, como resultado de la globalización mundial a la que están sometidos los países del trópico, existe una elevada movilidad entre los productores que buscan únicamente mejora económica. Este proceso de inestabilidad los ha forzado al desapego a la tierra que trabajan, de manera que la utilizan solamente con fines económicos, generalmente para provecho transitorio pues en la generalidad de los casos se inician en proyectos de producción a partir de una elevada importación de insumos

como fertilizantes, plaguicidas, concentrados y antibióticos, que aportan determinados beneficios económicos, pero por su transitoriedad, finalmente los productores terminan vendiendo sus tierras debido a que dichas ganancias surgen por desajustes en el mercado que sostiene las grandes cadenas suministradoras de alimentos, que al estabilizarse, marginan los productos del campesino pobre; por tanto dichos agroecosistemas se convierten en recursos de capital, para dejar de ser el principal recurso natural de la producción sostenible.

Para que un agroecosistema sea sostenible, deberá ser además de económicamente rentable, ecológicamente aceptable y social y culturalmente justo, algo que sólo es posible, si se garantiza la estabilidad del productor en el agroecosistema, para lo cual el mercadeo de su producción debe tener determinada garantía y responder a la estructura de la nueva concepción de la producción sostenible y no sobre la base de la agricultura convencional.

Claramente, un ecosistema improductivo no podrá ser sostenible si no hay sostenibilidad económica, aunque ecológicamente funcione junto al intento de la justicia social. Las ganancias financieras por encima de los costos incurridos en su producción, incluyendo la energía gastada por los productores, será la base del desarrollo armónico y creciente de la familia o el colectivo de productores; si es que dichas ganancias son empleadas eficazmente hacia esos objetivos.

Las finanzas mal empleadas (juegos, vicios y consumismo injustificado) impiden de igual forma el desarrollo sostenible. Por ello, la capacitación integral de los colectivos reviste una importancia crucial, sobre todo si dicha capacitación se realiza por personal bien orientado.

Recursos de los agroecosistemas

Altieri (1996) cita a Norman (1979), quien agrupó en cuatro categorías las combinaciones de recursos comúnmente encontrados en un agroecosistema; estos son: Recursos Naturales, Recursos Humanos, Recursos de Capital y Recursos de Producción. Este autor, en el mismo texto, hace referencia a procesos (energéticos, bioquímicos, hidrológicos y de regulación biótica) y determinantes (físicos, biológicos, socioeconómicos y culturales) de un agroecosistema que define o decide el tipo de agricultura de cada región.

De los principales recursos naturales (*vegetación, animales, agua, suelo y clima*) se puede obtener un recurso imprescindible, *la energía*, parte de la

cual complementa la disponibilidad total de los recursos naturales del agroecosistema. Pero los agroecosistemas podrán ser más o menos sostenibles, en la medida en que enriquezcan sus recursos naturales y los utilicen eficientemente. Esta también es una vía eficaz para recuperar ecosistemas virtualmente deteriorados.

En la Tabla 6 se exponen los componentes de los recursos naturales. El valor utilitario de cada componente dependerá de sus funciones en el sistema de producción y tecnología de producción empleada. La participación de cada componente en el agroecosistema depende de varios factores como: hábitos de consumo, cultura agrícola de las familias, facilidades de mercadeo, dificultades de recursos, entre otros; no obstante, dichos componentes, por lo general, deben formar parte del agroecosistema con un orden de prioridad, en base a sus funciones.

Aunque la vegetación debe funcionar en armonía con los animales, en esta tabla se hizo el análisis independiente, para poder lograr una mejor comprensión de sus funciones específicas dentro del agroecosistema.

Los factores que afectan los recursos humanos en la explotación agrícola dependen del número de personas que sostiene el agroecosistema en relación con la fuerza de trabajo disponible y su productividad, la capacidad de trabajo (salud y alimentación), las actitudes culturales respecto al ocio, estatus económico, la disponibilidad de mano de obra contable y el grado de colaboración entre los agroecosistemas aledaños.

La eficiencia en el aprovechamiento del recurso energía depende de la habilidad del guía o los guías del desarrollo del agroecosistema. La mayor parte de la energía de los recursos humanos se pierde en la vivienda (mujeres, niños y ancianos), cuando no se tiene su entorno lo suficientemente ocupado. La parte de la familia que regularmente no participa en el proceso productivo o lo hace en muy escasa proporción, podría aportar mucho apoyo a la buena marcha del agroecosistema, si se tiene la perspectiva de contar con los componentes que se han indicado. La organización del agroecosistema, además, contribuye a la educación de la familia en el conocimiento de las técnicas de la agricultura ecológica, los compromete en el proceso productivo y, por lo tanto, socialmente se reparte el trabajo equitativamente, a la vez que los estimula a un mayor sentido de pertenencia; esto sin considerar que en el entorno de la vivienda debe existir un complemento técnico que debe ser atendido como son: los purines, preparados botánicos, compost, bioterra, lombricultura, entre otros.

Cultivos (nativos o foráneos)	Mercado o autoabastecimiento	Frutales, plantas industriales	perennes, anuales	policultivo, rotación y policultivo	cultivos económicos, abonos verdes arrope o mulch (rotación y policultivo (poáceas + leguminosas)
Bosque	Recuperación del suelo, protección de cuencas, conservación de agua	maderables, frutales ornamento, melíferas, medicinal, antiplagas, energética, etc.	Perennes (autóctonas y foráneas)	Policultivos sin arreglos en surcos	Plantas de viveros con alternativas orgánicas (materia orgánica y biofertilizantes)
Barbecho (rastrojo)	Recuperación de suelo, mejorar la bioestructura del suelo, fertilidad y microbiología	Poáceas y leguminosas	Vegetación libre, (espontánea), establecimiento de vegetación mejoradora del suelo	Policultivo libre, (mixto)	Siembra al voleo, labranza para mejorar la bioestructura del suelo (subsoleo, materia orgánica, enmiendas, etc.)
Pastos	Alimentación animal	poáceas, leguminosas	Pasto corte y perenne y leguminosa rastrera y arbustivas	Silvopastoril, bancos de semilla, policultivo y rotación	Leguminosa (arbustiva y rastrera) poáceas de alta biomasa, leguminosa arbustiva y rastrera+ poáceas
Recursos Fito-genéticos	Adaptación de variedades autóctonas o foráneas	Cultivos en general	Área experimental	poliestrata, riegos, M.O., manejo de plagas	En la vivienda participación de la familia, uso del reciclaje.
Cerca Viva	Limitar el agroecosistema y sus ecosistemas internos	Ornamentales ,antiplagas, frutales, leguminosas arbustivas	Perennes y semiperennes de porte alto y bajo combinados	Arreglo poliestrata y paisajístico	Plántulas de viveros, siembra directa y reproducción orgánica
Huerta casera	Complemento alimentario (cuidar la salud)	Hortalizas, medicinales, condimentos antiplagas	Arreglos policultivos	Orgánico	Estiércol, biofertilizantes, preparados botánicos
Jardín	Perfumar la brisa, desestresantes, entre otras	Flores y ornamentales	Arreglo acorde al gusto familiar	Sistema directo al suelo y colgantes	Orgánico (Idem, huerta casera
Arvenses	Equilibrio ecológico	incidencia y dominancia	Anuales, bienales y perennes	manejo fitotécnico	Bajar población en el período crítico

Tabla 6. Caracterización del componente vegetal en un agroecosistema

Según Altieri (1996), los recursos de capital son bienes y servicios creados, comprados o tomados en préstamo por las personas asociadas a la finca, para facilitar la explotación de los recursos naturales de la producción agrícola; entre los cuales están los permanentes (faja de contención, presas), semipermanentes (implementos, graneros, animales de trabajo, abonos, semillas) y potenciales (créditos, ayuda amiga, entre otros). Los recursos de capital tienen valor para los trabajadores cuando se sienten

propietarios de ellos, o cuando por ejemplo el ahorro de un recurso operativo representa para el trabajador un mayor aporte económico (ya sea directo o indirecto). Un método que aporta muy buen resultado en la conservación de los recursos semipermanentes es la especialización con personal fijo dentro del agroecosistema, sobre la atención, el cuidado y manejo de los recursos por alguien que llega a familiarizarse con él, hasta hacerlo formar parte de sus intereses personales. La falta de control o desorden en la manipulación de los recursos de capital, afectan la sostenibilidad económica del sistema.

Los recursos de producción (animal y vegetal) son también recursos económicos que se convierten en recursos de capital cuando son vendidos. En este sentido hay que señalar la necesidad de lograr que los recursos de producción una vez convertidos en capital, tengan un uso equitativo dirigido no solo a la solución económica inmediata, sino a la necesidad de la inversión con parte de la ganancia, para el mejoramiento de las condiciones del agroecosistema, que favorezca la permanencia productiva (indicador de sostenibilidad) con la aprobación y/o concertación de los propietarios.

Componentes del Agroecosistema

La transformación de un agroecosistema hacia una producción sostenible, requiere del fortalecimiento de las capacidades locales y de la colaboración institucional, para lograr un conjunto de componentes agroecológicos interrelacionados con la producción agropecuaria que Pohlan *et al.* (1995) llamaron “La flor de la Sostenibilidad”, donde se resaltan los componentes suelo-agua-sol y aire, interrelacionados entre sí y con elementos de la producción agropecuaria y su comercialización.

Leyva (1998) propuso estructurar los agroecosistemas del campesinado pobre del Norte Amazónico colombiano, conforme a su vocación selvática, conservando los componentes existentes en la actualidad, pero con ajustes tendientes a la recuperación hasta donde sea posible, de su estado natural e incorporando nuevos componentes en armonía con el agroecosistema, para lograr la sostenibilidad, considerando que en cada piso térmico predominará una determinada vegetación que puede ser determinante en la composición del agroecosistema, por su influencia en la cultura regional, la industria y el mercado.

Sin embargo, existen varios componentes que forman parte indisoluble del agroecosistema independientemente de la ubicación geográfica, dado que el Desarrollo Agropecuario Sostenible se logra sobre la base de la trilogía

suelo, planta, animal, en presencia de una alta biodiversidad y una estrecha relación con los factores ambientales, componentes estos determinantes en la caracterización de los agroecosistemas.

No resulta difícil separar los componentes del agroecosistema, de las técnicas y tecnologías de producción sostenible, dado que estas se solapan en su aplicación práctica. A los efectos de este análisis se consideran componentes del agroecosistema a toda actividad que requiera un espacio en su interior y considerando los subcomponentes que forman parte de los componentes principales con su caracterización (Tabla 7).

Es probable que esta tabla no recoja absolutamente todos los componentes del agroecosistema, también es posible que no todos los agroecosistemas puedan incorporar los componentes señalados, pero al menos, constituyen puntos de referencia para la complementación de su alcance en función de los intereses y características de cada región.

Componentes	Sub componentes	Caracterización
Seres Humanos	Familia o colectivo de trabajadores	Edad, Salud, Educación, Sensibilidad y relación con la naturaleza, visión de futuro, sentido de pertenencia. Nivel de información sobre la agricultura sostenible vs agricultura de altos insumos, nivel económico
Cultivos	Perennes Anuales Huertas caseras Jardín Bosque Agroforestales Recursos fitogenéticos Banco de semillas Cercas Vivas	Mercado y autoabastecimiento Mercado y autoabastecimiento Vegetales, medicinales, condimentos y plantas de uso múltiple Flores, ornamentales, atrayentes, repelentes Protección acuífera, recuperación del suelo, protección. de cuencas Agrosilvopastoril, silvopastoril Área experimental y de conservación Reproducción y multiplicación de especies Límites del agroecosistema y subsistemas (belleza del entorno)
Animales	Galpón Apiario Porqueriza Estanque Establo Jaulas potreros	Cría de aves semipastoreo Apicultura (cría de abejas) Cría porcina estabulada Acuicultura (cría de peces) Estabulación nocturna de animales Cunicultura (Cría de conejos) Animales variados según gustos y cultura
Clima	Lluvia, HR, temp... (°C)	Condiciones vs cultivos y animales.
Alternativas orgánicas	Compost Lombricultura Biofertilizante Abonos verdes Otros	Área para reciclaje de la materia orgánica Producción de humus de lombriz Producción de micorrizas, agroplus, biotierra, etc. Producción de semillas de leguminosas Concentrados de biomasa, aguas residuales (servidas), etc.
Manejo de plagas, enfermedades y arvenses	Purines, alelopatía Preparados trofobióticos y Medios biológicos	Fermentación de preparados botánicos Cultivos de especies antiplagas (Nim, Marigot, cola de caballo, ortiga etc.) Siembras de plantas acompañantes y policultivos
suelos y Topografía	materia orgánica, pH. ccc, ASNM, Propiedades Físicas., Químicas y Biológicas	Sistema de cultivos. Mejoramiento. Protección de suelo. Cobertura viva y muerta, barrera de contención, siembra en curva de nivel, incorporación de residuos orgánicos descompuestos Calidad del agua
Energía no convencional	Biodigestor Energía Solar Energía Eólica Energía Hídrica	Ubicación cerca de la porqueriza Espacio para la ubicación de paneles solares Espacio de ubicación del molino de viento Se ubica en el cause del suministro acuífero
Recreación	Deportes, parques	Acondicionar área para niños y jóvenes
Vivienda y Entorno	Delimitar superficie	Con todos sus componentes (cocina, dormitorios, baños, etc.) Área para granero, implementos, equipos, transporte, embalse de agua, molino de viento, biodigestor, paneles solares, etc.
Industria Rural*	Conservar frutas Derivados lácteos Preparar Bebidas Preparación de dulces Salsas y mermeladas Preparados Cárnicos	Método de conservación por esterilización Queso, mantequilla, kumis, yogurt, etc. Refrescos y varios Frutas en conserva por esterilización Frutas y vegetales por esterilización Embutidos, Salchichón, Salchichas, Jamón, Mortadela, etc.
Recursos Hídricos	Ríos, Arroyos y Caños Embalses Nacimiento	Protegidos a ambos lados (30 metros) con árboles adaptados Protegido a su alrededor con plantas adecuadas Protegido en su alrededor con árboles.

Tabla 7. Caracterización de un Agroecosistema Integral.

Bibliografía

- Altieri, M. A. (1996). Bases agroecológica para una Agricultura Sustentable. Módulo 1. Agroecología Bases Históricas y Teóricas Publicado por CEAS, UNAH, 102-104 y 124–125. MES La Habana
- García, L. (1999). Fundamentos de Agroecología: En Agroecología y Agricultura Sostenible/ L. García. Módulo 1 Agroecología Bases Históricas y Teóricas p. 62–73. Publicado por CEAS, UNAH, La Habana
- Leyva, A. (1998). Informe sobre Asistencia Técnica. Proyecto CEINCO–MERCADU–INCA. para el Desarrollo de la Agric. Sostenible en Dpto. de Guaviare, Colombia.
- Montaldo, P. (1985) Agroecología del Trópico .Instituto. Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José Costa Rica, 35 – 43.
- Odum, E. P. (1975). Ecología Ed. CECSA México p. 200 –202.
- Odum, E. P. (1986). Ecología Ed. Academia de Ciencias de Cuba (ACC) 639 p, La Habana
- Pohlan, J.; Borgman, J.; Leyva, A. (1995): BAINOA: un ejemplo para programas regionales de la Agricultura Sostenible en Centro América. Verlag Shaker Aachen, Agrarwissenschaft, 39 pp.
- Primavesi, A. (1990). Manejo Ecológico del Suelo. Ed. ATENEO. Buenos Aires, 449 p.

**LA AGRICULTURA ECOLÓGICA SOSTENIBLE. OTRO PUNTO DE VISTA.
OPORTUNIDADES Y OBSTÁCULOS PARA EL FUTURO**

Prof. Dr. Jürgen Pohlan



Campesino cubano trabajando con tracción animal. Foto: Pohlan

“Aun cuando estamos como hace 10 años, existe la oportunidad de hacer una Agricultura Sostenible moderna que puede dar al agricultor y al científico un prestigio social merecido”.

J. POHLAN

Introducción

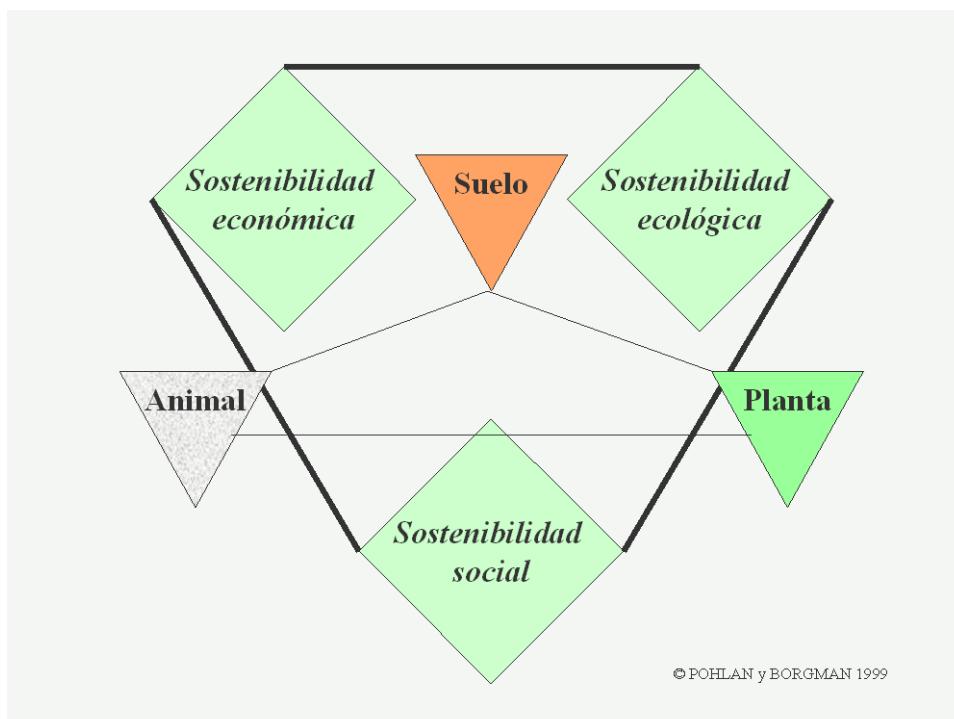
A la entrada de este nuevo milenio se continua la discusión sobre las posibilidades reales de poder desarrollar a escala internacional una agricultura más sostenible económicamente, menos contaminante del medio ambiente y social y culturalmente más justa (Fig. 1). Este sueño por realizar, presenta oportunidades y obstáculos que deben ser enfrentados con mucha inteligencia y sobre todo con valoraciones profundas y realistas.

Una reflexión objetiva de la problemática, podría iniciarse con las siguientes preguntas

- ¿Se puede hablar de algo nuevo sobre la Agricultura Sostenible para los próximos años de este nuevo milenio?

- ¿Cuáles son las oportunidades para desarrollar una Agricultura Ecológica activa y tolerante? ¿Cuáles son los obstáculos que aún persisten?

Las valoraciones que sobre estas interrogantes serán expresadas en este capítulo están íntimamente relacionadas con la alimentación de una población mundial creciente y la necesidad o no de producir más en menos en la actual superficie de suelo existente.



■ *Figura 1: El triángulo de la Sostenibilidad*

Las respuestas a estas preguntas son complejas y contradictorias, pero el primer análisis totalmente necesario es que el mundo actualmente produce lo suficiente para alimentar la población mundial, solo que inconvenientes de otra naturaleza como son, orden económico mundial, egoísmos monetario, culturas y tradiciones entre otras, no lo permiten; existiendo por tanto un déficit de alimentos para la mayoría de la población mundial, mientras la minoría tiene un consumo sobresaturado, que lejos de beneficiar su salud está provocando serios desequilibrios y severos daños (FAO, 1999).

El desarrollo de la producción alimentaria a escala mundial

Los avances alcanzados en los últimos 50 años a escala mundial en la producción de alimentos se deben a la elevada cantidad de insumos químicos, tecnológicos y genéticos que se aplican a este sector, cuya desmedida utilización, ha provocado pérdidas irreparables al planeta, que pone en peligro la propia continuidad de la vida en él. Luego existe un contrastante paradigma; mientras se producen pérdidas de suelo fértil que obligan a la búsqueda de altos rendimientos, existe un exceso de producción mundial en la mayoría de las especies que hoy se comercializan. Esto es debido a la alta tecnología, los agrotóxicos y la globalización de los mercados. Por tanto, la visión de futuro debe acercarse a la idea de alcanzar producciones adecuadas y estables en los rendimientos, con más responsabilidad, en armonía con la naturaleza; es decir sin tala y quema y con mucho menos, o sin agroquímicos (Fig. 2).

Por otro lado, se prevé que para el año 2025 el aumento de la población mundial alcanzará los 8.600 millones de seres humanos, si la tasa de incremento existente se mantiene. Esto significa que habrá que producir cerca del doble de la producción de hoy en día, tomando en cuenta la satisfacción de la nutrición de toda la humanidad. Además anualmente se está perdiendo entre 15 y 20 millones de hectáreas de suelo, por la falta de visión de algunos gobiernos, que fabrican, o permiten que fabriquen sobre suelo fértil, debido a su facilidad y rapidez y sobre todo, como consecuencia de la sed de consumo que se respira en un mundo con una dirección unidimensional, donde el análisis primario es, cuanto se gana y no cuanto se daña el medio ambiente. Por otro lado, se prevé que para el año 2025 el aumento de la población mundial alcanzará los 8.600 millones de seres humanos, si la tasa de incremento existente se mantiene. Esto significa que habrá que producir cerca del doble de la producción de hoy en día, tomando en cuenta la satisfacción de la nutrición de toda la humanidad. Además anualmente se está perdiendo entre 15 y 20 millones de hectáreas de suelo, por la falta de visión de algunos gobiernos, que fabrican, o permiten que fabriquen sobre suelo fértil, debido a su facilidad y rapidez y sobre todo, como consecuencia de la sed de consumo que se respira en un mundo con una dirección unidimensional, donde el análisis primario es, cuanto se gana y no cuanto se daña el medio ambiente.



Figura 2: Dinámica y relaciones en la Agricultura Sostenible.

La diversidad alimentaria

Actualmente en el mundo, no existe una real producción diversificada (Mejía Gutiérrez, 1998). Hace 50 años estuvo de moda y era esencial, mantener una calidad externa del producto agropecuario, sin importar mucho la calidad interna. Hoy los productos efectivamente tienen vista, pero no sabor. La mayoría de los seres vivos de este planeta está consumiendo productos muy contaminados y después vienen las enfermedades y las muertes. Habrá entonces que preguntarse:

- ¿Es posible producir con menos insumos externos?
- ¿Es responsabilidad del productor conocer los insumos que utilizan en su valor, cantidad, dosis y energía?

Del trópico hay muy poca información. Sólo el primer mundo cuenta con datos sobre este tema, pero muchos de ellos son estimaciones.

Con la visión de que los productores son capaces de producir con menos insumos energéticos, existe la esperanza de transformar los sistemas de producción convencionales, por eso será necesario trabajar por encontrar métodos más económicos y en dirección al equilibrio ecológico y para ello es necesario cambiar el estilo de trabajo actual existente.

Las herramientas de los agrónomos andan flojas

La mayoría de los productores sostienen que los bancos no le facilitan créditos y esa es la razón de la pobreza. Esa es una posición cómoda y a la vez desacertada; el productor debe tomar iniciativas que obliguen a los gobiernos a atender sus demandas; pero en realidad falta el conocimiento profesional, sin el cual las discusiones sobre el futuro se convierten en análisis estériles; de manera que lo discutido hoy, probablemente al pasar 10 años, sigue igual, sin cambios verdaderos.

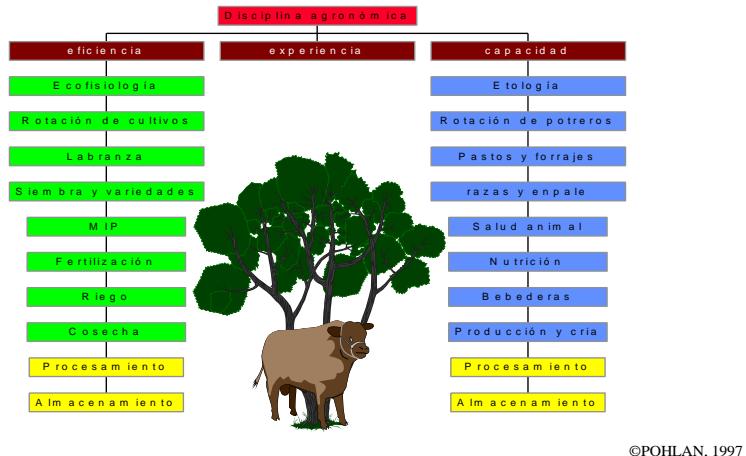
Casi siempre se considera que se sabe lo suficiente sobre determinados temas y finalmente la vida demuestra que se sabe muy poco. Hace falta más intercambio, no sólo aplausos. La globalización para unos es buena, para otros mala, va a llegar como una ley natural y está en las manos de los agrónomos recibirla con inteligencia y responsabilidad (Fig. 3).

El precio de los productos no depende del poder del vendedor. Hay que luchar porque en el futuro, se pueda llegar a precios reales. Si se aprovechan las herramientas del agrónomo no hay que subsidiar productos del agro.

Pero los países desarrollados están en términos de salario y alimentación muy diferentes entre si. Por ejemplo en Alemania el 17% de los salarios se dedican a la alimentación y las bebidas. En los EE.UU. es el 13% y Francia está en 42%. Se puede apreciar las diferencias entre dos países vecinos.

Con la Comunidad Económica Europea (CEE) se llegará a una situación nueva en las exigencias de los productos que importa, por ello hay que analizar aspectos clave de la Agricultura ecológica.

Las herramientas del agricultor



©POHLAN, 1997

Figura 3: Estructura y rangos de las herramientas del agricultor

Aspectos clave de la agricultura sostenible

En el trópico todavía existen bastantes reservas para asegurar una producción alimentaria sostenible, cuidando el medio ambiente y desarrollando la sostenibilidad social (FAO, 2000; INIFAT, 1996; Braun und Peters, 1995; Pohlan et al, 1995; DSE, 1992). Para ello hay que elaborar las bases científicas del uso sostenible del suelo, agua, atmósfera y recursos genéticos, pues ya se ha llegado al punto en que los países desarrollados compran el CO₂ de otros más pobres, aprovechando su dinero, para justificar su nivel de afectación con inversión en otros países pobres y por tanto menos contaminados.

La denuncia oportuna es necesaria, pero la capacitación es la clave para las denuncias oportunas. Solamente podrán convencer, los que expongan sus pensamientos, con argumentos de causas.

Definición de Agricultura Sostenible. Otro punto de vista

El sinnúmero de sistemas tradicionales, convencionales así como los orgánicos y transformados, han provocado especialmente en el trópico, confusiones en la interpretación de las definiciones existentes para diferentes conceptos al realizar la agricultura en manera sostenible (Mejía Gutiérrez, 1998; Pohlan et al 1995, Leyva et al, 1999). Es el deseo primario de una gran cantidad de agricultores, ambientalistas, científicos y consumidores, desarrollar sistemas agroecológicos estables, dinámicos y

duraderos que prevalezcan en armonía con la naturaleza y la humanidad. Quizás por esto, hoy en día existe una discusión muy extensa sobre los diferentes tipos de la agricultura sostenible. El espectro oscila entre el falso aprovechamiento de la definición agricultura sustentable, pasando por diferentes sistemas de la agricultura orgánica como los únicos en cumplir con la sostenibilidad, hasta llegar la agricultura sostenible moderna, la cual también de vez en cuando esta mal interpretada llamándose intensiva de corte industrial.

Para aclarar un poco la confusión hace falta constatar, que sustentable vive de sustentar y por esto sustentabilidad significa para nosotros nada más que subsistencia o pura supervivencia. En otro caso sostenible viene de sostener; las cosas se sostienen desde afuera y se sustentan desde dentro. Por esto, el objetivo nuestro es, la sostenibilidad de la sociedad, asimismo como el desarrollo de una agricultura sostenible en base a una agricultura sostenible moderna, la cual se debe nombrar agricultura de responsabilidad.

Naturalmente existe una competencia por el uso de los recursos económicos, naturales y sociales. Pero también es una realidad, que un desarrollo sostenible en los países menos industrializados, solo es posible, si las necesidades básicas de la población se satisfacen, para de ese modo detener el uso destructivo de los recursos naturales. Por otro lado, el uso de los recursos naturales solo se estabilizará cuando su conservación sea exitosamente ligada a su utilización, generando ingresos que permitan actuar a favor de su conservación.

Los componentes más reconocidos para un desarrollo sostenible son:

1. Cumplimiento de derechos humanos
2. Equidad de las generaciones
3. Protección y mantenimiento de los recursos naturales
4. Cumplimiento de leyes ambientales
5. Prioridad del medio ambiente en proyectos económicos
6. Integración internacional
7. Eliminación del proteccionismo

EL TRIÁNGULO SUELO – PLANTA – ANIMAL

La agricultura tradicional de las zonas de clima templado albergaba en muchos casos la interacción entre suelos, plantas y animales. También en las épocas de la especialización muchos productores trataron de mantener esta costumbre valiosa a favor de una alta estabilidad empresarial y agroecológica (Fig. 4).

En el trópico de Centroamérica se iniciaron rápidamente estructuras separadas entre la parte agrícola y la ganadería. Solamente el pequeño campesinado conservó en sus sistemas de subsistencia la convivencia de diferentes especies de animales y sistemas de cultivos asociados o intercalados. La búsqueda de una mayor sostenibilidad también en las regiones tropicales ha provocado el establecimiento de sistemas integrales en una riqueza inesperada. Ejemplos de ello son nuestros proyectos frutícolas.

Aspectos más importantes para el desarrollo de la agricultura sostenible

En la literatura existen opiniones bastante diferentes sobre los aspectos más importantes para el desarrollo y la implantación de sistemas sostenibles en el trópico (Pohlan y Borgman, 1999; Cabrera Gaillard, 1998; Mejía Gutiérrez, 1998; Reiche y Carls, 1996). Basado en una revisión minuciosa de la literatura y del análisis de diferentes proyectos y sistemas ya practicados en Centroamérica nos permite dar la siguiente propuesta:

- Asegurar la alimentación humana conjuntamente con la protección del medio ambiente
- Elaborar la base científica sobre el uso sostenible del suelo, del agua, la atmósfera, los forestales y de los recursos genéticos en total
- Mejorar la calidad de los productos alimenticios agropecuarios
- Desarrollar las zonas rurales
- Desarrollar tecnologías apropiadas incluyendo la biotecnología
- Fortalecer la creatividad y el potencial científico
- Intensificar la cooperación internacional en las investigaciones agropecuarias aplicable para el trópico

Hay que mejorar la calidad de los productos. El movimiento de Agricultura Orgánica, ha despertado un gran interés y está jugando un papel favorable a favor de la descontaminación del planeta, pero hay que tener cuidado con la contaminación biológica. Con respecto a la Agricultura Orgánica, no se trata de aceptar o no, que ella va a ser capaz de satisfacer las necesidades alimentarias de la humanidad por los rendimientos que hoy en día todavía no sobrepasan el 50% de las producciones en sistemas convencionales avanzadas. En este sentido habrá que estudiar mucho y finalmente comprobar sus bondades y limitaciones. Desarrollar las zonas rurales es una necesidad perentoria. En los últimos 30 años se ha promovido el desarrollo agropecuario en los sitios urbanos y sus áreas aledañas para asegurar fuerza de trabajo (energía) y productos físicos; algo lógico y de un alcance social marcado, como garantía para asegurar trabajo a la mujer y personas mayores ociosas y por qué no también para jóvenes desorientados.

¿Pero será la Agricultura Urbana lo ideal del futuro? ¿Y la contaminación urbana y su control en el trópico húmedo y caliente? Aunque por el momento ella significa un aporte alimentario importante, su longevidad está en discusión a partir de los elementos reales que la debilitan.

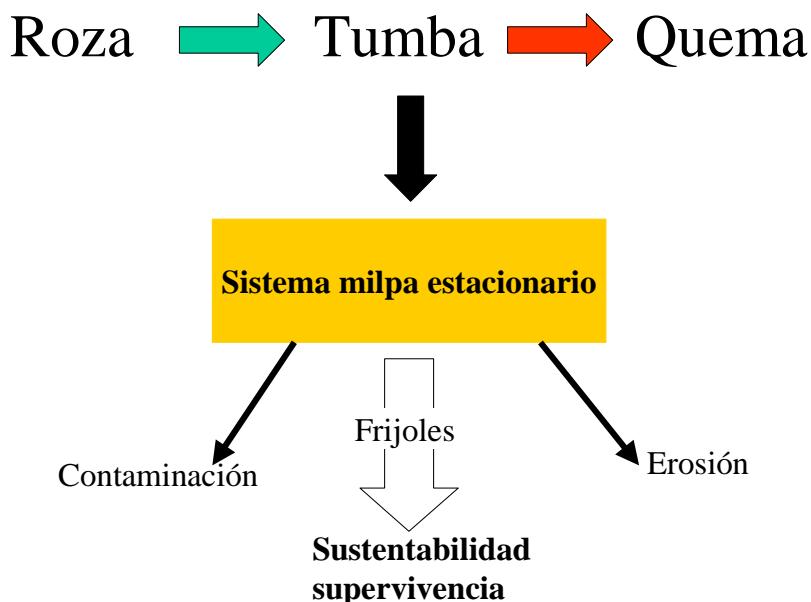


Fig.4 Sistema Milpa Tradicional

Para un desarrollo sostenible de la Agricultura, se hace necesario enfatizar, en la urgente necesidad de salir del sistema tradicional milpa, con sus consecuencias trágicas al realizar la secuencia roza ⇐ tumba ⇐ quema, conservando así la subsistencia en muchos predios humildes, destruyendo la propia riqueza natural, sin embargo, antes, hay que resolver algunos obstáculos significativos para disfrutar al final, las ventajas y beneficios de estos cambios.

OBSTÁCULOS

- Inversiones muy altas para el establecimiento de plantaciones perennes y el manejo de cosechas, post cosechas y comercialización
- Temporadas prolongadas entre siembra y primera cosecha
- Intervalos largos de uso, con el riesgo de cometer errores en el trasplante y de no poder reaccionar a cambios de hábitos del consumidor
- Lenta adaptación y utilización de los progresos científicos-técnicos

VENTAJAS Y BENEFICIOS

- Alta diversidad y así alto potencial para el uso adecuado de diferentes zonas agroecológicas

- Un mayor número de cultivos perennes, que excluyen la práctica de la quema
- Gran potencial para una alimentación humana bien balanceada
- Fuente atractiva para ingresos económicos admisibles
- Alternativa recomendable para el desarrollo de zonas rurales en el trópico

La Agricultura Urbana está de moda, pero hay que desarrollar la agricultura rural, que no sólo considere la producción, sino también tener en cuenta el entorno, su belleza y su cuidado; no se trata de lograr fincas bellas y cuidadas de acceso sólo para las que financieramente están en posibilidades de poseerlas y disfrutarlas, se trata de crear las condiciones de vida necesaria para que la gente permanezca en las zonas rurales y no emigre y eso se puede incentivar fomentando fincas lo suficientemente acogedoras, con independencia del sistema organizativo de producción existentes. Pero a este criterio hay que unirle el concepto integrador de la necesidad del conocimiento regional, sobre las bases de sus fortalezas y debilidades, con la participación de equipos multidisciplinarios, lo suficientemente preparados para no solo dar criterios de lo que se debe hacer, sino aceptar las propuestas de los que finalmente serán los protagonistas de ese esfuerzo, es decir, los productores (Fig. 5).



Figura 5: Concepto de una realización sostenible

Desarrollar el potencial científico y su creatividad.

A veces da la impresión que la comunidad científica vive en una torre de marfil o urna de cristal; con mucho intercambio entre ellos, pero con muy poco contacto con los productores, bajo estas condiciones ningún científico podrá ayudar a un productor. Es necesaria una mayor introducción entre todos los componentes del sistema escuchando las opiniones y criterios de los que verdaderamente están produciendo. Bajo esas condiciones será

mucho más fácil transformar el estilo de trabajo tradicionalista, improductivo y deteriorante del medio ambiente. Estos aspectos clave para la agricultura sostenible se pueden solamente realizar cuando se acepta cambios necesarios en la transición y el desarrollo de los sistemas de producción y de sus tareas específicas (Fig. 6).



Figura 6: Pautas más importantes para la transición sostenible

También hay que intensificar la colaboración internacional. Si bien la colaboración ha mejorado como consecuencia del desarrollo de las comunicaciones electrónicas, ésta debe llegar igualmente a los productores; quienes generalmente desconocen los adelantos de la Ciencia y la técnica de sus propios países.

Ahora bien ¿Cómo se podrá aprovechar los conocimientos en el futuro? Necesariamente habrá que ofrecer opciones viables más allá de la comunicación de campesino a campesino; pues es conocido que los productores regularmente no dicen a sus vecinos todos sus secretos. Aunque esta opción es viable, no es representativa de los avances científicos técnicos. El avance necesita muchas interacciones entre científicos y productores y de muchas personas que aun cuando no trabajan cerca de la agricultura y no en la agricultura hacen valioso aportes.

El Dr. Leyva ha indicado y yo lo comarto, que por su experiencia y por lo que ha visto, las mejores fincas que ha conocido en el mundo, no son precisamente de Ingenieros Agrónomos.

Transformar el sistema de subsistencia.

Se debe trabajar en función de lograr la capacitación y la educación de los que son capaces de desarrollar la agricultura con una visión empresarial (Fig. 7).

Estructura de fincas

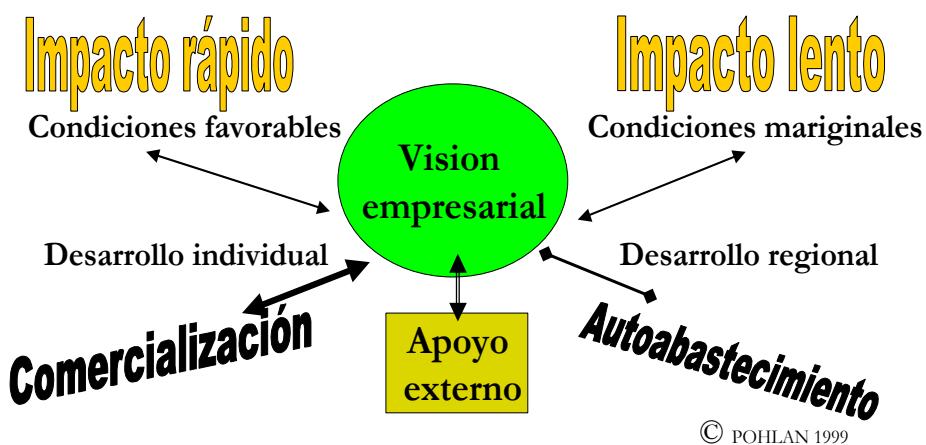


Figura 7: Interacción entre diferentes estrategias de uso de fincas

En el futuro un productor agrónomo debe producir para 100-150 personas, quiere decir, vamos a tener en el año 2020 solamente 1.500 m² percápita para la satisfacción de la alimentación. Esto debe ser con una idea de alta diversidad y una calidad interior excelente, no contaminada y rica en ingredientes naturales, para un mercado interno y externo.

Solamente en Cuba se vende todo lo que se produce. Se necesita pensar en el procesamiento y comercialización de los productos en una manera nueva, no así como hoy, que las transnacionales han tomado todo en sus manos.

Por ejemplo la manzana alemana es una de las mejores, pero se comercializa la de África del Sur y Nueva Zelanda, porque el transporte es muy barato al igual que la mano de obra, por tanto el costo energético le resulta ventajoso para la importación desde países más pobres, que las producen en casa.

Demostración de nuestra pobreza alimentaria

Los cultivos de trigo, maíz, arroz, papa y Yuca representan más de 2/3 del sector agrícola mundial, por razones de comercialización y procesamiento rápido; de manera que se ha perdido la costumbre de comer variado y auténtico (Fig. 8). Entre los frutales, naranja, banano, manzana y sandía, ocupan el 70% de todo los frutales comercializables con que cuenta el trópico, que son más de 300 especies. ¿Cuánto se come de fruta al día? Pero hay esperanza de que los niños con su creatividad vayan a cambiar la situación actual. Esa es la clave de la transformación de la subsistencia.

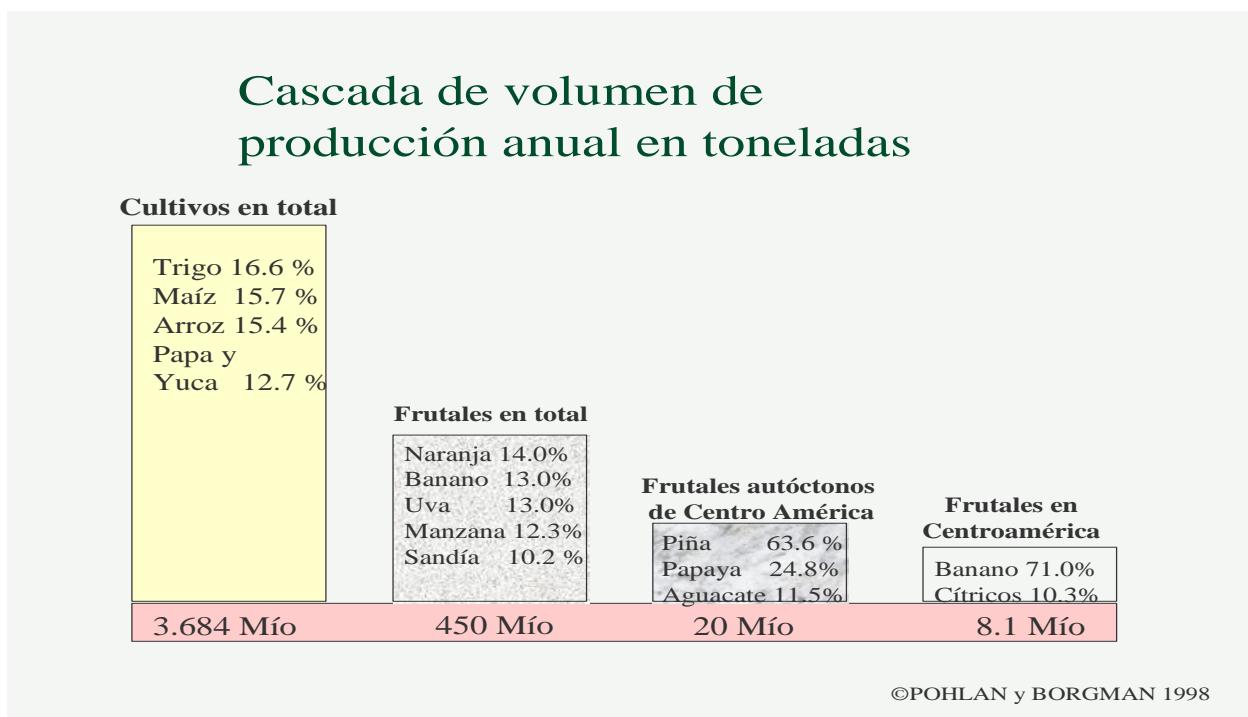


Figura 8: Relaciones en la producción mundial de cultivos agrícolas

En el orden ecológico se deben tomar medidas más severas. Para el que provoca fuego por negligencia por ejemplo, la ley debe ser menos tolerante. El sensacionalismo de los medios masivos sólo está estimando y estimulando hechos, pero existe la necesidad de dar seguimiento de ocupación y preocupación a estos problemas ligados a la protección del medio ambiente, que deben ir más allá del sensacionalismo. Sólo así se podrá salir de la situación actual, ya muy afectada.

Consideraciones finales

A modo de conclusión quería brindar la visión que proponemos para el desarrollo de los agroecosistemas productivos (Fig. 9).

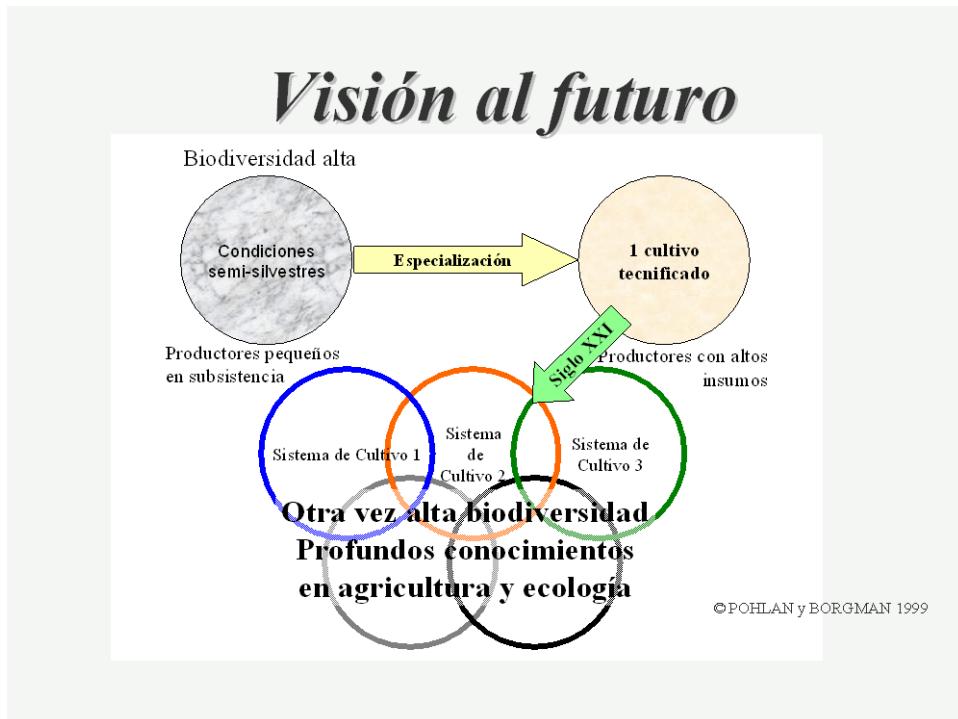


Figura 9: Desarrollo de sistemas agropecuarios

Si se toma como ejemplo la caña de azúcar, hay que decir que producciones inferiores a 80 t.ha, no resultan rentables. Esas áreas podrían aprovecharse para leguminosas como mejoradoras de los suelos, o producciones que a través de un ordenado sistema de rotación, con cultivos alimenticios así lo permitan.

Los residuos de la caña de azúcar pueden ser empleados en zonas pecuarias. Las áreas más dañadas ecológicamente bien podrían ser utilizadas en la silvicultura. También la piscicultura ayuda a la descontaminación, porque ya se sabe, que ella puede ser un marcador de la contaminación (las aguas contaminadas mata los peces). En condiciones normales de producción ecológica, ello resulta una fuente esencial y barata para la producción de proteínas.

Muy importante en este proceso, es la colaboración multidisciplinaria entre agrónomos, ecólogos y el rubro del turismo. Para alcanzar, el desarrollo de una agricultura sostenible, se requiere una mayor participación de los Gobiernos de los países del trópico, los cuales deben pasar del discurso, a un apoyo real a todas aquellas organizaciones e instituciones que promuevan este tipo de agricultura.

Propuestas para créditos financieros por los productores juegan en esto un papel importante. Los requisitos indispensables serán:

- Determinar y utilizar la diversidad agroecológica posible
- Analizar y resolver los problemas de los cultivos
- Conservar o rehabilitar los hábitat naturales
- Estimular las oportunidades comerciales y organizar el mercadeo.

La visión de futuro puede y debe incluir una cultura de vida sostenible, basada en experiencias prácticas y conocimientos teóricos, con desarrollo creativo y sin demora. En ella, los famosos paquetes tecnológicos no tienen lugar por inanimados. En su lugar, es necesario levantar una ética profesional, una creatividad interdisciplinaria y un cumplimiento adecuado de las obligaciones económicas, ecológicas y sociales.

Si bien es cierto que aun estamos como hace 10 años, existe la oportunidad de hacer una Agricultura Sostenible moderna que puede dar al agricultor y al científico un prestigio social merecido.

Bibliografía

Braun von, J.; Peters, K. J.(1995): Strategie für eine Allianz der international ausgerichteten deutschen Agrarforschung (AIDA). Kiel / Berlin, Januar, 43 pp.

Cabrera Gaillard, C. (1998): El manejo sostenible de los recursos naturales en el nuevo orden socioeconómico mundial-Reflexiones introductorias. Memoria de Ponencias, 1. Congreso Regional de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ciudad de Guatemala, 17 al 21 de agosto, CD-ROM

Dary, C.; Elías, S.; Reyna, V. (1998): Estrategias de sobrevivencia campesina en ecosistemas frágiles. FLACSO Guatemala, Impreso en Ed. Serviprensa C.A., 353 pp.

DSE - Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional (1992): Agri-Cultura Ecológicamente Apropriada. Zentralstelle für Ernährung und Landwirtschaft Feldafing, R.F.Alemania,184 pp

FAO (2000): FAO warns of slow progress on sustainable development. CSD-8, www.fao.org

FAO (1999): Food insecurity: when people must live with hunger and fear starvation. Rome, 32 pp.

INIFAT (1996): Curso Taller de Gestión Medio Ambiental de Desarrollo Rural. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”, CIDA Agosto 1996, 182 p

Leyva, A.; A. Alonso y J. Vega (1999) La investigación participativa por el rescate perfeccionamiento y aplicación de tecnología apropiadas a la Agricultura Cubana. Informe Final de Proyecto. CITMA C Habana, Cuba 230 p

Mejía Gutiérrez, M. (1998): Agriculturas para la vida. Movimientos alternativos frente a la agricultura química. Mi Nuevo Mundo, 4^a. Ed, Bogotá D.C., 253 p

Pohlan, J.; Borgman, J. /Editores/ (1999): Memoria Diplomado Internacional en Fruticultura Sostenible. Tapachula, México, 259 páginas

Pohlan, J. (1999 b): Transformación de los cafetales y cacaotales convencionales en Centroamérica y en el Caribe a sistemas sostenibles. CUBACAFE'99. Simposio Internacional de Café y Cacao, Resúmenes, Santiago de Cuba 1999, p. 24

Pohlan, J.; Borgman, J. (1998): Der Soconusco auf dem Weg zu einem nachhaltigen tropischen Obstbau. Der Tropenlandwirt / Beiträge, 99. Jahrgang, Oktober 1998, 181-194

Pohlan, J. (1997): Curso postgrado Oportunidades y obstáculos para diferentes sistemas de producción en una Agricultura Sostenible en Nicaragua. UNA Managua, material interno, 76 pp.

Pohlan, J.; Borgman, J.; Leyva, A. (1995): BAINOA: un ejemplo para programas regionales de la Agricultura Sostenible en Centro América. Verlag Shaker Aachen, Agrarwissenschaft, 39 pp.

Reiche, C.; Carls, J. (1996): Modelos para el desarrollo sostenible: Las ventanas de sostenibilidad como alternativa. Serie Documentos de Discusión sobre Agricultura Sostenible y Recursos Naturales, No. 2, IICA / GTZ, San José, Costa Rica, 34 paginas

TECNICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD VEGETAL ROTACIÓN DE CULTIVOS

Dr.C. Ángel Leyva Galán



Holguín, Cuba. Campesinos cultivando yuca. Al fondo mango, (Foto: A. Leyva)

“Seis años se cultivará la tierra y el séptimo permanecerá en barbecho, de no hacerse a los judíos les aguardará un destino similar a la catástrofe de Babilonia. Vuestra fuerza se consumirá en vano, vuestra tierra no dará su esquilmo y los árboles de la tierra no darán sus frutos. Vuestros caminos serán desiertos”

(Normas Agrarias de la Biblia, citado por: Brailovsky, 1995).

Introducción

La rotación de cultivos es el eje fundamental para el desarrollo de una agricultura diversificada, que pretenda la conservación y multiplicación de la biodiversidad. Documentos históricos revelan que la rotación de cultivos fue practicada en China en la Dinastía Han tres mil años antes de Cristo. En Roma y en la antigua Grecia se utilizaron sistemas de rotación en cultivos de cereales que incluían períodos de barbecho¹ y leguminosas de invierno como *Hiemalis faba* (L.) y *Lupinus albus* (L.) en el papel de abonos verdes (Mac Rac y Mehuys, 1985).

¹ El **barbecho** es el tiempo que permanece el suelo sin cultivo económico. Se ha clasificado según León (1951) en **completo**, si su duración alcanza el año. Si se trata solo de un periodo, de invierno o primavera se le denomina **Barbecho Medio**.

En la época feudal refiere Huberman (1961), la mayor parte de los suelos de Europa central y occidental estaban divididos en zonas conocidas como feudos², en los cuales se sembraban diferentes cultivos todos los años sin repetición continua en el tiempo. Regularmente, posterior a dos cosechas de cereales, se dejaba el suelo en Barbecho completo (Tabla 8) tal y como se hace hoy en Sur América en el Sistema Roza, que después de las cosechas de plátano, yuca o dos a tres cosechas de maíz, dejan la superficie en barbecho (rastrojo) de tres a cinco años y posteriormente se vuelve a cultivar hasta agotar la fertilidad del suelo y finalmente dedican las superficies a la ganadería.

	1er Año	2do Año	3er Año
Campo I	Trigo	Cebada	Barbecho
Campo II	Cebada	Barbecho	Trigo
Campo III	Barbecho	Trigo	Cebada

Tabla 8. Rotación de cultivos en la época feudal (*Dreifelderwirtschaft*)

Como se aprecia en la tabla 8, cada cultivo vuelve a su superficie pasados tres años, teniendo el trigo, como precedente cultural, el barbecho como año de descanso para rescatar la fertilidad del suelo y acumular agua.

La rotación de cultivos en América recibió su mayor influencia de los emigrantes ingleses y escoceses, por lo que durante el siglo XVIII se practicaron rotaciones de hasta seis años en cultivos anuales donde el trigo, la papa, el centeno y el trébol (*Trifolium spp*) eran los preferidos (Karlen *et al.*, 1994). Con el paso del tiempo, estas fueron disminuyendo, de manera que en el siglo XIX predominaron las rotaciones trieniales, siendo el trébol, el maíz y el trigo, los cultivos preferidos entre los agricultores.

El abandono transitorio de las rotaciones en Europa estuvo fuertemente ligado a los descubrimientos del científico alemán Justus von Liebig, sobre el papel de los elementos inorgánicos en la alimentación de las plantas LA LEY DEL MÍNIMO, que define: “el elemento que determina la limitante de la productividad de un cultivo es el que se encuentra en su mínimo relativo”, proporcionando así las condiciones para la destrucción de la tesis vigente hasta su época de la función del humus en la fertilidad del suelo, para ser

² Los feudos eran superficies dedicadas a la producción agropecuaria, las cuales se dividían en dos partes, un tercio pertenecía al señor feudal y el resto a los numerosos arrendatarios. El suelo se cultivaba en franjas y no en campos completos como en la actualidad.

sustituida por la teoría agroquímica. El afianzamiento a los agroquímicos alcanzó una popularidad tal, que no posibilitó desarrollar en toda su extensión el descubrimiento de las bacterias del género Rhizobium al finalizar la segunda mitad del siglo XIX, cuyas bondades de asimilar y utilizar el nitrógeno atmosférico como fertilizante durante el crecimiento y desarrollo de las plantas leguminosas constituyó uno de los descubrimientos más importantes vinculados al desarrollo de una agricultura más ecológica.

Durante la primera mitad del siglo XX, la rotación mantuvo una posición importante entre los productores americanos, sobre todo fue asumida como una eficiente vía de combate contra plagas, enfermedades y arvenses; pero al desarrollarse de forma acelerada la industria de los agrotóxicos en los primeros años de la post guerra, la rotación quedó marginada y solo fue practicada por los productores de menores ingresos, perdiéndose su interés e importancia económica, al ser sustituida por el sistema de siembra en monocultivo. Esas también fueron razones por las que los hongos micorrizógenos no fueran estudiados a profundidad, como una alternativa nutricional para las plantas, a pesar de haber sido descubiertos a principio del siglo XX.

En la actualidad, las motivaciones que definen el uso del suelo están dadas más por el peso de las necesidades socioeconómicas que por el interés de la conservación del agroecosistema, a excepción de las 15,8 millones de hectáreas que hoy se cultivan en el mundo de forma orgánica.

En muchos países desarrollados se ha estado retomando el barbecho, aparentemente como práctica de protección del entorno, pero en realidad su objetivo básico es servir de límite a los excesos de productos como medida de amparo a un mercado saturado y manipulado según los intereses de los grandes comerciantes. Para los países en vía de desarrollo, la explotación de los suelos en forma monocultural, ha condicionado una agricultura dependiente de las importaciones de insumos, ocasionando pobreza social y carencia de capital en el sector campesino más pobre.

Rotación de cultivos. Definición y Bondades

Aunque aún la rotación de cultivos está lejos de constituir un elemento de prioridad en el contexto agrícola mundial, por su importancia dentro de una agricultura ecológica, se expondrá su definición, bondades y limitaciones.

Franke (1995), define la rotación de cultivos como el uso conveniente, consecuente y oportuno de diferentes cultivos, sobre una misma superficie del suelo, dejando así plasmada en la definición, la importancia social de la rotación frente al agroecosistemas, que debe ser protegido para que pueda garantizar el valor económico de las producciones en el tiempo. También ha sido definida como la ubicación de los cultivos en las dimensiones de tiempo y espacio, a saber: cultivos múltiples o consecutivos, para indicar en esencia la producción de dos o más cultivos en la misma superficie de suelo, durante el mismo año, uno después del otro en monocultivo (Andrews y Kasjam, 1976).

Sin embargo una selección inadecuada de los cultivos en un sistema de rotación, puede ser más dañina que el propio monocultivo; sobre todo cuando se trata de especies de la misma familia, o en el caso de cultivos diferentes que posean similitud a las exigencias nutricionales. En ambos casos, puede resultar fatal al sistema y de poca credibilidad el principio.

En presencia de una Agricultura "moderna" se cuenta con las insumos necesarios para contrarrestar las irregularidades visibles que provoca el monocultivo e incluso pudieran lograrse rendimientos altos y estables en estas condiciones, que cuestionen el uso de la rotación. En condiciones de monocultivo, bastaría solamente con seleccionar semillas de alta calidad, suministrar a las plantas los nutrientes que necesitan, controlar con eficiencia las plagas, enfermedades y arveses y proporcionar los niveles de agua que la planta necesita en los momentos oportunos y entonces podría pensarse que todo está resuelto. Si a ello se agrega que existen cultivos que como la caña de azúcar resisten por mucho tiempo la siembra en monocultivo, entonces una producción exitosa en estas condiciones aconsejará solamente el respeto a la rotación por su carácter histórico y no por sus bondades.

Pero los daños ecológicos que provoca el monocultivo por la falta de diversidad facilitan el desequilibrio ecológico y con él mayores probabilidades de aparición de plagas devastadoras. Un ejemplo de ello, se produjo en Cuba en la caña de azúcar cuando entre los años de 1979 y 1980 la variedad de caña de azúcar Ba. 4362, que ocupaba el 40% del total de la superficie dedicada a la caña de azúcar en monocultivo, fue atacada masivamente por la roya de la caña de azúcar (*Puccinia melanocephala*) provocando una pérdida aproximada de un millón de toneladas métricas de azúcar. También ha sido demostrado que aún en tales condiciones "ideales", se producen afectaciones severas en los rendimientos esperados, pasado un breve tiempo de adoptado el sistema (Tabla 9).

Cultivo	Monocultivo	Rotación (kg*ha ⁻¹)
Maíz ¹	3040	4620
Avena ¹	340d	3930
Trigo ¹	1750	2160
Centeno ²	3474	5005
Maíz ³	1785	4353

¹ 30 años de duración, ² 27 años de duración, ³ 12 años de duración

Tabla 9. Beneficios de la rotación expresados en rendimientos kg*ha⁻¹ (Según Buckman y Brady¹, (1964; Schliephke², 1997; Marroquin³ et al., 2004)

La explicación al comportamiento favorable de los cultivos en rotación respecto al monocultivo, parece estar relacionada con otros fenómenos además de los ya señalados. Venegas (1996) ha indicado que la rotación de cultivos interrumpe los ciclos biológicos de enfermedades y artrópodos; se producen modificaciones microbiológicas e incremento de la biomasa microbial y actividades enzimáticas en el suelo, que no ocurren en las producciones en monocultivo. En general, las bacterias aumentan, aunque los hongos tienden a disminuir, sobre todo el género Fusarium, debido quizás a que bajo estos sistemas de producción, se incrementa la capacidad de biodiversificación que lleva a la supresión de este género. Según este autor, existen evidencias crecientes de que el efecto rotacional es debido a la supresión del efecto deletéreo provocado por rizobacterias, que aumentan su nivel poblacional bajo monocultivo.

La reducción de los rendimientos en condiciones de monocultivo parece estar ligada también a las excreciones de toxinas y otras sustancias aleloquímicas por las raíces de las plantas (Dile, Mateo Box y Urbano, 1982). Sin embargo, a la luz de los conocimientos actuales se puede comprender que tales afectaciones no responden a un fenómeno en particular, sino a un complejo de interacciones bióticas y abióticas, que finalmente trascienden en afectaciones económicas visibles o no.

La práctica del monocultivo

El monocultivo o repetición en el tiempo de un mismo cultivo sobre la misma superficie de suelo, se caracteriza por su alta productividad, sobre la

base de un uso elevado de insumos externos, que lo definen como una práctica agrícola de la llamada agricultura moderna.

En estas condiciones se pueden mantener altos niveles de producción y lograr una elevada especialización del personal técnico y administrativo; un eficiente uso de la maquinaria y del personal responsable, así como se facilita el manejo de los medios básicos y circulantes, evitando errores en el manejo de los insumos. Su aplicación ha sido ventajosa desde el punto de vista económico, en presencia de industrias complementarias.

El monocultivo, sin embargo, posee los inconvenientes de elevar el riesgo de pérdidas totales de los rendimientos, eleva los costos de producción por la utilización de insumos externos; provoca desbalance en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, limita la biodiversidad y, por tanto, altera el equilibrio ecológico. El monocultivo ofrece adicionalmente serios inconvenientes económicos en países subdesarrollados, especialmente a los del trópico, cuya economía descansa en la exportación de sus productos agrícolas y que en la generalidad de los casos, se convierten en países monoproductores. Las fluctuaciones de precios, entre otras restricciones del mercado, unido a las imprevisibles condiciones climáticas adversas, constituyen limitantes del desarrollo para los que han seguido esta práctica y solo han estimulado su dependencia económica.

Alternativas en la rotación

Las alternativas se refieren a la ubicación anual en superficie de los distintos cultivos que forman parte de los sistemas de rotación de un agroecosistema, a cada una de las cuales se les denomina hoja o amelga de la rotación. Su selección está condicionada a factores del medio natural y necesidades de mercado su establecimiento implica la necesidad del conocimiento de las condiciones del clima de la zona o región, características del suelo, su topografía, composición físico-química y tradición cultural. También es importante tener en cuenta las fechas óptimas de siembra de los cultivos para obtener los máximos rendimientos, sus requerimientos nutricionales y aportes alimenticios.

Un factor de gran importancia dentro del clima lo constituyen las precipitaciones, su cuantía y distribución durante el año, así como las temperaturas y humedad relativa. Cultivos como las solanáceas, liliáceas y cucurbitáceas, cuya producción está condicionada a estos factores climáticos, en condiciones adversas proliferan las plagas y las enfermedades y como consecuencia, se deterioran productivamente dichos cultivos.

Existen plantas que por sus características fenológicas permiten la entrada de luz en su espacio agrícola, lo que posibilita la proliferación de arvenses, posterior al período crítico de competencia. El período crítico de competencia es el espacio de tiempo durante el cual se ha comprobado, que las arvenses en convivencia interespecífica con el cultivo provocan afectaciones significativas en sus rendimientos (Pohlan, 1995). Dentro de estas alternativas las cucurbitáceas (calabaza, pepino y melón y sandía) son ejemplos de ellas. Otros cultivos como el maíz, tomate y maní presentan esas características, con la ventaja de que las labores culturales resultan mucho más fáciles de realizar, posterior al periodo crítico y en condiciones de alta densidad de siembra se logra una mayor protección contra las arvenses. Los cultivos que posterior a su período crítico de competencia, son capaces de cubrir toda la superficie agrícola, impidiendo la proliferación de arvenses, al menos en cuantía superior a los límites de tolerancia, son los más útiles en los sistemas de rotación llamadas “plantas de escarda” (Puentes *et al.*, 1982). Cultivos como el boniato batata o camote, (*Ipomoea batatas*) el tabaco y la malanga (*Xanthosoma* o *Colocasia*) son típicos de este grupo.

Existen otras plantas que aún cuando no son capaces de cubrir toda la superficie agrícola, pueden evitar la proliferación de arvenses , como es el caso del girasol (*Helianthus annus L*), cuya eficiencia como planta de escarda se le atribuyen además efectos alelopáticos (Kottir, 1994).

Las plantas que por la rapidez de su crecimiento y desarrollo cubren con facilidad y en poco tiempo la superficie agrícola, evitando así la multiplicación de las arvenses, son los cultivos alternativos necesarios en los sistemas de rotación. Dentro de las plantas con estas características se encuentran varias leguminosas y malváceas como la canavalia, la Pueraria, la soya, el algodón y el kenaf Estos cultivos útiles e imprescindibles, no obstante, pueden convertirse en contratiempo para el productor en el trópico, si no se emplean altas densidades de siembra, o el control de arvenses en su etapa inicial de desarrollo es insuficiente o de mala calidad.

Las plantas se diferencian estructuralmente unas de otras. Algunos cultivos poseen un sistema radical poco desarrollado o fasciculado y otros muy desarrollado y profundo (pivotante), todo lo cual condiciona determinadas exigencias nutricionales. Plantas de raíces fasciculadas como el arroz, el maíz y la piña entre otros, solo pueden tomar los elementos nutricionales y el agua que se encuentran a poca profundidad del suelo, mientras que las de raíces pivotantes, como el gandul (*Cajanus cajan*), la sesbania (*Sesbania rostrata*) y cultivos perennes en general, pueden explorar el suelo a

profundidades mayores y de esta manera garantizar su crecimiento y desarrollo sin requerir de alimentos adicionales. El gandul, en particular, es capaz de extraer el potasio de las profundidades del suelo y ponerlo en la superficie a disposición de otros cultivos sucesores.

Por sus exigencias alimenticias deben combinarse cultivos cuyas prioridades en determinados nutrientes sean diferentes, es decir, a un cultivo exigente en potasio como la papa y el maní, le pueden suceder cereales como el maíz y el sorgo, cuyas preferencias mayores son hacia el nitrógeno. Si se tiene en cuenta que actualmente resulta posible suministrar el nitrógeno que necesita la mayoría de las leguminosas a través de los biofertilizantes del género *Rhizobium*, las plantas sucesoras a estos cereales se beneficiarían de los restos de cosechas dejados por el cultivo anterior.

Las plantas esquilmanentes del suelo como el maíz, no deben repetirse con demasiada frecuencia en la misma superficie y deben ser sucedidas por plantas mejoradoras del suelo como las leguminosas, que en condiciones de suelos muy agotados podrían ser incorporadas como abonos verdes, previo a una siembra para obtener cosechas.

El cambio de alternativas puede presentársele al productor de forma obligada, si en su práctica monocultural se presentan plagas y enfermedades, tales como la Polilla Guatimalteca (*Tecia solanivora*); y la *Rhizoctonia solani*, que en suelos ácidos impide la repetición del cultivo de la papa; el *Orobanche ramoso*, plaga del tabaco cuya semilla posee una longevidad de hasta 14 años; *Cylas formicarius*, plaga del boniato (*Ipomoea batatas*), que al atacar el fruto le transmite un sabor amargo y olor repugnante, que lo invalida para ser consumido hasta por los animales. Esta plaga es capaz de sobrevivir alimentándose de los restos de las cosechas por un tiempo lo suficientemente grande, como para infestar la próxima siembra si fuera repetida, posterior a un cultivo alternativo.

Razones que justifican la rotación de cultivos

Las rotaciones de cultivos deben ser organizadas, teniendo en cuenta los efectos sobre la bioestructura del suelo, las exigencias en nutrientes, el efecto de sus excreciones radicales, el agotamiento del agua del suelo, las plagas y enfermedades que propician y el valor económico de los cultivos que se utilizan, por ello, las principales premisas a tenerse en cuenta para que la rotación sea eficiente, desde el punto de vista de la sostenibilidad económica, ecológica y social, son las siguientes:

1. CONTAR CON UN CULTIVO PRINCIPAL

Cultivo de elevada prioridad económica para el productor, sobre el cual deben estar dirigidos los recursos para garantizar el máximo de producción por unidad de superficie disponible. Por lo general, constituyen prioridades de los mercados o del autoabastecimiento familiar. De esta manera, los cultivos alternativos o de intercosechas resultarán favorecidos porque aprovecharán los excedentes nutricionales empleados para el cultivo principal que no fueron utilizados y porque recibirán un suelo sin muchas arves, por habersele hecho una correcta atención fitotécnica. Por ejemplo, en un sistema de rotación de dos cosechas por año en la misma superficie, con o sin abonos verdes, donde se utilice como cultivo principal el arroz, se hacen aplicaciones de fertilizantes orgánicos o inorgánicos, que no son utilizados en su totalidad por este cultivo. Si se decide utilizar en la rotación, leguminosas como cultivos alternativos, entonces la preocupación mayor debe ser por el elemento nitrógeno. Pero si se cuenta con el biofertilizante específico para la leguminosa, entonces se podrá prescindir totalmente de alternativas nutricionales para la leguminosa. En tales casos, una aplicación adicional de nutrientes lejos de beneficiar podría perjudicar cuando menos la rentabilidad del sistema.

2. QUE LOS APORTES EN ALIMENTOS DE LOS CULTIVOS SEAN ELEVADOS

La rotación de cultivos debe ser valorada para la superficie del autoabastecimiento y aunque este aspecto puede estar fuertemente influido por hábitos y costumbres alimenticias, es necesario educar a la población en el conocimiento de sus necesidades nutricionales para garantizar una alimentación balanceada y con ello prevenir enfermedades.

En presencia de cultivos de elevado potencial productivo, expresado en toneladas de productos frescos por hectárea, resultan los de mayores potenciales en calorías; sin embargo, son muy pobres sus aportes en proteínas y grasas, siendo las leguminosas los que poseen mayores contenidos en estos índices (Tabla 10).

Por ello, la rotación con diferentes alternativas de cultivos de elevado potencial productivo y cultivos de leguminosas es esencial, de manera que cuando se realicen las cosechas, éstas respondan a las necesidades alimenticias del productor y consecuentemente se podrán realizar nuevas siembras, provocando alternancias que desde el punto de vista sanitario, cumplan con el principio: *mientras más diferencias existan entre los cultivos, mejor se ajustan como alternativas en un esquema de rotación”*

(Francis y Llegg, 1990). Según este análisis, cultivos con altos potenciales productivos como la papa, la yuca, el boniato, batata o camote y cucurbitáceas, en general, deben insertarse con otros cultivos alternativos de altas demandas, como el arroz, y el maíz, los cuales deben complementarse con leguminosas, como frijoles, maní y vignas, buscando establecer la rotación típica poáceas - leguminosas.

Cultivos de oleaginosas como el girasol y la soya, de alta demanda en la alimentación humana y animal, pueden alternar con otros dirigidos a la alimentación humana solamente, cuidando de que no se produzcan efectos alelopáticos negativos, como ocurre cuando se siembra el girasol en rotación con solanáceas. Cultivos como: sorgo, Maíz y arroz, pueden rotar con leguminosas, mientras que el girasol parece tener como mejores aliados a las leguminosas y las cucurbitáceas; el corto ciclo de este cultivo, facilita la sucesión de otros, en breve tiempo, lo cual incrementa el coeficiente rotacional por año.

3. QUE SE COMBINEN CULTIVOS PARA OBTENER EL MAYOR NÚMERO POSIBLE DE COSECHAS POR SUPERFICIE POR AÑO

Si se toma en consideración los criterios que defiende Sánchez, (1996) sobre la mínima labranza, cuyas bondades como método de conservación de suelo, contribuye enormemente al ahorro de recursos y tiempo, en suelo de clima caliente, resulta verdaderamente posible aumentar el número de cosechas por año por superficie Un aspecto importante en los programas de rotación de cultivos es el período de acondicionamiento del suelo “tiempo que media entre la última cosecha y la nueva siembra”; cuando se desea lograr un mayor número de cosechas por año, el laboreo mínimo del suelo, o labranza mínima, debe ser el método a seguir; de él depende en gran medida el éxito del sistema... “*dar el golpe a tiempo*” (tabla 11).

Cultivos Tropicales	Ener-gía	Proteínas	Gra-sas	Carbo-hidratos Asimilables	Minerales			Vitaminas			
	(cal)	(g)	(g)	(g)	Ca	P	Fe	A	B ₁	B ₂	C

Calabaza	50	1.2	0.2	10.8	15	40	10	0.85	0.07	0.05	10
Habichuela	32	1.2	0.2	5.5	55	46	1.7	0.11	0.08	0.11	18
Remolacha	32	1.6	0.1	9.7	29	39	0.6	tr	0.01	0.04	5
Batata	97	1.3	0.1	22.7	21	77	1.1	0.02	0.13	0.04	13
Malanga	103	1.0	0.2	24.2	28	81	1.0	0.04	0.12	0.03	13
Papa	68	1.8	0.1	15.1	10	40	1.0	0.01	0.07	0.02	20
Plátano	113	0.9	0.1	27.1	11	40	0.8	0.17	0.08	0.4	7
Yuca	96	0.03	0.8	22.0	20	40	1.0	tr	0.06	0.04	10
Arro	357	7.2	1.5	77.6	14	231	2.6	0.00	0.22	0.05	0
Sorgo	342	8.8	3.2	76.3	19	299	3.7	10	0.41	0.12	0.0
Aguacate	139	1.6	13.3	3.0	10	40	8	0.4	0,09	0.05	12
Ajíes	42	1.1	0.6	8.1	20	28	1.7	0.47	0.09	0.12	9
Col	29	1.7	0.2	5.2	43	36	0.7	0.03	0.06	0.04	43
Pepino	15	0.7	0.1	3.0	16	24	0.6	0.03	0.03	0.04	41
Tomate	22	0.8	0.3	4.0	7	24	0.6	0.18	0.06	0.05	23
Frijoles	346	22.0	1.6	60.0	6	247	7.6	tr	0.37	0.17	tr
Caupí	341	24.1	1.2	10.0	77	420	7.2	10	0.80	0.23	3
Maní	398	40.0	22.0	35.5	222	730	11.	tr	0.88	0.27	1
soya	543	26.0	46.0	17.5	66	393	3.0	10	0.91	0.21	1
Girasol	575	22.4	51.4	16.5	105	868	7.7	5.0	2.0	0.19	0

Tabla 10. Composición de algunos alimentos MINAL-MINSAP (1985)

Cultivos (algunos ejemplos)	Fecha de siembra*	Ciclo (días)
Papa	Diciembre	< 90
Maíz (tierno)	Diciembre, Abril, Septiembre	< 85
Batata,camote (boniato)	Diciembre, Abril, Agosto.	< 120
Soya	Agosto	< 110
Pepino	Abril	< 80
Maní	Agosto	< 110
Canavalia	Agosto	< 75
Caupí	Agosto	< 90
Frijoles	Agosto, Septiembre	< 100

*Existen otros cultivares de introducción más reciente a través del movimiento de Agricultura Urbana, que permiten también la obtención de 3 cosechas/año. Esta tabla es sólo un ejemplo.

Tabla 11. Cultivos para obtener tres cosechas/año en la misma superficie a campo abierto. Ejemplos de la provincia La Habana.

Aunque el período de preparación del suelo depende de factores tales como: contenido de humedad que tenga el suelo, abundancia de arveses dejadas por el cultivo antecedente, presencia o no de abonos verdes, disponibilidades de recursos materiales y humanos entre otros; se debe

prever en el sistema el tiempo de acondicionamiento del suelo que más se acerque a la labranza cero, de manera que además de protegerlo, se ahorren recursos y tiempo.

La fenología de los cultivos: su ciclo, tiempo de la siembra hasta la cosecha con sus correspondientes fenofases, debe ser conocida por el productor. Sobre todo hay que conocer las etapas fenológicas de máxima exigencia del cultivo, período durante el cual debe ser atendido fitotécnicamente con la máxima prioridad. No puede olvidarse que dentro de un mismo cultivo existen variedades y clones cuyos ciclos difieren unos de otros. Una equivocación en este sentido provoca alteraciones en el programa de siembra y cosecha y, por tanto, altera el sistema. Desde luego, la relativa abundancia de productos en el mercado de determinados cultivos de grandes demandas en fechas muy marcadas, estimula al productor a variar las fechas de siembra, para colocar sus productos en el mercado, cuando estos son deficitarios.

4. ENTRADAS Y SALIDAS DE LOS CULTIVOS EN EL ESQUEMA

Algunos cultivos, considerados de elevada adaptabilidad, pueden ser plantados o sembrados durante todo el año; sin embargo, poseen especialmente fechas de siembra óptimas (Tabla 12).

<i>Primavera</i>	<i>1990</i>	<i>1991</i>	<i>1992</i>	<i>1993</i>	<i>1994</i>
Boniato o Batata	19.270	18.446	21.052	20.080	18.200
Maíz*	9.393	7.146	9.829	11.174	7.011
Pepino	12.299	15.752	12.172	22.226	
<i>Verano</i>	<i>1990</i>	<i>1991</i>	<i>1992</i>	<i>1993</i>	<i>1994</i>
Boniato o Batata	11.275	9.690	12.800	9.900	12.000
Soya	1.927	2.120	1.837	1.736	2.200
Maíz	6.600	6.000	5.900	5.320	8.600
Maní	1.334	1.031	1.192	0.862	1.050
Caupí	1.564	1.688	1.372	1.826	1.560

*Toneladas de mazorcas verdes por hectárea.

Tabla 12. Rendimientos de los cultivos secundarios en primavera y verano

La experiencia en la mayor Isla de las Antillas (provincia La Habana), indica, que cultivos como el pepino, boniato, batata o camote y maíz, han mostrado producciones equivalentes a un 30 % mayor, cuando son

sembrados al iniciarse el período lluvioso (abril) que en pleno verano (agosto). El pepino en particular, sembrado en agosto o septiembre, sus producciones no han sido económicas.

Por su parte, el maíz sembrado en el período menos lluvioso (invierno) y con garantía de riego, proporciona los mayores rendimientos durante todo el año. Tales resultados son de gran interés para la toma de decisiones al ubicar los cultivos en el esquema de rotación. Como se puede apreciar en la Tabla 13, para las condiciones de La Habana en Cuba, cultivos como el frijol negro (septiembre), ajo (octubre), cebolla (noviembre), tomate (diciembre), papa (diciembre) y arroz (diciembre) admiten otras fechas de siembras, pero en estos casos siempre se corre el riesgo de perder la cosecha o parte de la producción, respecto a sus fechas óptimas. Por otra parte, el corrimiento de una fecha puede alterar el orden de sucesión de los cultivos y “empujar” al cultivo principal fuera de su fecha óptima.

5. MANTENER EL EQUILIBRIO: EN LA INCIDENCIA DE PLAGAS Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

Las plagas que son controladas a través de la rotación de cultivos, según Flint y Roberts (1988), tienen las siguientes características: la fuente de inóculo tiene que estar en el cultivo, poca movilidad y evitar la invasión de campos adyacentes, controlar plagas sin esporas transportables, como los nemátodos y el rango de hospedero que la plaga necesita debe ser estrecho (tabla 13).

La plaga debe ser incapaz de sobrevivir sin un hospedante vive por un tiempo prolongado (descenso sustancial por uno o dos años después de remover una planta hospedera).

Cultivos	Posibles fechas de siembra	Fecha óptima
Caña de azúcar	Todo el año	Julio- septiembre
Papa	Septiembre- febrero	Noviembre- enero
Yuca	Todo el año	Noviembre- febrero.
Malanga	Todo el año	Febrero- mayo

Batata	Todo el año	Febrero- mayo
Arroz	Diciembre- julio	Diciembre- enero
Calabaza	Todo el año	Febrero- septiembre.
Pepino	Octubre- julio	Diciembre- abril
Cebolla	Agosto- diciembre	Septiembre- octubre
Ajo	Agosto- diciembre	Septiembre- octubre
Soya	Todo el año	Junio- agosto
Maní	Todo el año	Junio- agosto
Fríjol (negro)	Agosto- enero	Septiembre
Maíz	Todo el año	Septiembre, diciembre, abril

Los datos que se informan corresponden a experiencias en La Habana, Cuba (Leyva, 1995)

Tabla 13. Fechas de siembra óptimas para cultivos económicos

La rotación de los cultivos contribuye a la disminución de la población de nemátodos en el suelo; sobre todo *Meloidogyne incógnita*, animales que provocan daños severos en la calidad de los frutos, como ocurre con los tubérculos de papa. Un elemento importante a considerar en la rotación de cultivos es el referido a los nemátodos, cuando su cuantía está por encima del nivel de tolerancia. Existen cultivos que estimulan su producción, como es el caso de las cucurbitáceas; solanáceas; kenaf y sesbania, para el género *Meloidogyne*, cuya acción limitante de la producción en cultivos como la papa (*Solanum tuberosum L.*) puede ser reducida utilizando cultivos como el caupí (*Vigna unguiculata*), funcionando como precedente cultural (tabla 14). Finalmente, debe señalarse que mientras mayores sean las diferencias entre los cultivos en una secuencia de rotación, se podrá esperar un mayor control cultural de las plagas. Pero, ciertamente, a través de la rotación no se puede esperar controlar todas las plagas (Francis y Llegg, 1990)

Cultivo principal	Cultivos alternativos	Referencias
Tabaco	Maní, sorgo	Fernández <i>et al.</i> , 1990
Tomate	Ajonjolí	Fernández <i>et al.</i> , 1990
Papa	Sorgo	Gandarilla, 1990
Maíz	Maní	Rodríguez <i>et al.</i> , 1994
Hortalizas (organopónicos)	Cebolla o habichuela	Rodríguez, 1998
Fríjol	Maíz asociado con Frijol terciopelo	Cea y Fabregat, 1993
Papa	Caupí, soya, maní	Leyva, 1997

Tabla 14. Disminución de los niveles de *M. incógnita* en cultivos principales por efecto de cultivos precedentes.

Los trabajos desarrollados por Díaz *et al.*, (1989) confirman la tesis de la existencia de cultivos que se ven favorecidos al ser sometidos a sistemas de rotación respecto al monocultivo, por cuanto se mejoran entre otras, las propiedades físicas del suelo. Cultivos como el caupí y la soya contribuyen

más que el maíz y el maní al mejorar la densidad aparente por una mayor profundidad de penetración del sistema radicular y por el aporte en biomasa de ambos cultivos a través de sus hojas (Tabla 15).

<i>Precedente a la papa</i>	<i>Inicio</i>	<i>Tres años después</i>
Barbecho	1. 06	1. 05
Maní	1. 01	1. 02
Maíz	1. 16	1. 06
Boniato o camote	1. 16	1. 07
Pepino	1. 09	1. 07
Caupí	1. 06	1. 01
Abono verde	1. 02	1. 02

Tabla 15 Influencia de la rotación en la densidad aparente (10 cm prof.)

En relación con las propiedades químicas, debe tenerse en cuenta que los cultivos poseen diferentes capacidades de extracción de nutrientes del suelo por toneladas de alimentos producidos; por lo tanto, respecto a las propiedades químicas, las alternativas deberán ordenarse en dependencia de los potenciales de rendimientos y las capacidades de extracción de los cultivos para lograr mayor eficiencia en el sistema (Tabla 16).

<i>Cultivos</i>	<i>Parte</i>	<i>Rendimientos t.ha</i>	<i>Extracción kg/t de producción</i>				
			<i>N</i>	<i>P₂O</i>	<i>K₂O</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>
Papa (tardía)	Tubérculo	25.00	3.40	1.88	8.44	-	-
Papa (temprana)	"	17.50	4.85	1.71	8.00	-	-
Soya	Granos	2.00	62.50	14.50	9.00	-	-
Maíz	Granos	4.40	29.09	10.90	31.85	-	-
Yuca	Raíz	35.00	1.71	1.42	7.14	-	-
Batata	Raíz	15.00	4.60	1.33	7.33	-	-
Cebolla	Bulbo	30.00	2.66	1.33	4.00	-	-
Pepino	Fruto	30.00	1.66	1.33	0.26	1.00	0.83
Maní	Granos	1.50	70.00	10.00	28.00	18.00	12.00
Frijoles	Guías	12.00	9.16	2.08	7.00	-	-
Frijoles	Granos	8.00	7.50	1.87	6.25	-	-
Frijoles	Judías	2.80	61.60	17.08	45.41	-	-

Tabla 16. Extracción de nutrientes por cultivos (Sánchez, 1985)

Las rotaciones de cultivos influyen decisivamente en las propiedades biológicas del suelo. Las arvenses, en particular, perciben cambios si se ajustan adecuadamente las alternativas. Por ejemplo, la soya es un cultivo que cuando finaliza su ciclo, deja el suelo en condiciones para establecer un nuevo cultivo a través de la siembra directa, sin necesidad de hacer preparación de suelo, dada la relativa carencia de arvenses que sobrevive durante su ciclo cuando dichas siembras se hacen en el verano. La batata

que ha sido técnicamente bien atendida durante su ciclo, permite al igual que la soya la siembra directa, pero con una ventaja y es que al realizar la cosecha en la extracción de los tubérculos, se realiza una labor de cultivo que puede constituir la primera fase de la nueva siembra o plantación según sea el caso.

La Tabla 17 ofrece las modificaciones ocurridas en la estructura de las arvenses, por el empleo de diferentes sistemas de rotación donde la papa constituye el cultivo principal.

<i>Al inicio</i>	<i>Dos años después</i>	<i>Cuatro años después</i>
<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Amaranthus spp</i>	<i>Echinochloa colonum</i>
<i>Amaranthus spp</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Amaranthus spp</i>
<i>Brachiaria spp</i>	<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Cyperus rotundus</i>
<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Eleusine indica</i>	<i>Euphorbia spp</i>
<i>Eleusine indica</i>	<i>Echinochloa colonum</i>	<i>Portulaca oleracea</i>

Tabla 17. Las modificaciones en la estructura de las arvenses

La especie *Cyperus rotundus* mostró dominancia al pasar los años, pero durante el crecimiento y desarrollo de la papa, las arvenses no cambiaron estructuralmente, con independencia del cultivo que le precedió y los años transcurridos; en todos los casos dominaron las mismas especies que en el testigo precedido del barbecho, lo cual muestra que la contribución de los cultivos en el combate de arvenses, está también influida por otros factores, que quizás en este caso esté vinculado al método de cultivo empleado, (Tabla 18).

El beneficio de la rotación en el control de arvenses no se restringe solo a este análisis, sino también en la disminución de semillas de arvenses en el suelo, lo que brinda ventajas para estudios de pronósticos. Se ha demostrado que la población total de semillas de arvenses en general disminuye de 7.000 y 15.000/m² en monocultivo respectivamente, hasta 200-700/m² en rotación (Forcella y Lidstrom, 1988).

<i>Cultivos principales</i>	<i>Cultivos secundarios</i>	<i>Arvenses a combatir</i>	<i>Referencia</i>
Caña de azúcar	Soya	<i>Cyperus rotundus</i> <i>Cynodon dactylon</i>	Leyva, 1986

Tabaco	Frijol terciopelo	<i>Eleusine indica</i> <i>Rottboellia conchinchinensis</i>	Fernández <i>et al.</i> , 1990
Tabaco	Millo	<i>Cyperus rotundus</i> <i>Sorghum halepense</i>	Fernández <i>et al.</i> , 1990
Papa	Batata, maíz	frijol, <i>Cyperus rotundus</i>	Pérez <i>et al.</i> , 1992
Tabaco	Frijol, patata	maíz, <i>Cyperus rotundus</i>	Pérez <i>et al.</i> , 1992
Papa	Maíz, sorgo	<i>Dicotiledóneas</i> anuales	Pérez <i>et al.</i> , 1992
Papa	Batata	General	Leyva, 1997
Caña de azúcar	Soya	<i>Cyperus rotundus</i> <i>Cynodon dactylon</i>	Leyva, 1986

Tabla 18. Rotaciones que contribuyen al combate de arvenses.

6. QUE LOS SISTEMAS SEAN BREVES, ABIERTOS Y CONTINUOS

Los sistemas de rotación pueden clasificarse según: su duración, la superficie, el modo y el esquema. Según su duración pueden ser *breves*, si no superan los seis años y *de larga duración* los que superan ese tiempo. Dentro de los *breves*, los anuales y bienales son los más practicados. Ejemplos de ellos son aquellos donde se utiliza la papa (*Solanum tuberosum L.*) y la yuca (*Manihot esculenta L.*) como cultivos principales de los sistemas respectivos.

Las rotaciones trienales y de cuatro años (esta última también conocida como de Norfolk) son utilizadas en casos muy especiales, como podría suceder en algunos lugares donde se produce tabaco, si aparecen plagas de alta peligrosidad. En tales casos, la superficie del cultivo se reduce, lo que permite aumentar la diversidad de cultivos, si no se decide mantener el barbecho. Los sistemas de cinco y seis años de duración responden más a las características de los cultivos en cuanto a durabilidad de su ciclo, que a intereses agronómicos. Un ejemplo de ello lo constituye el cultivo del plátano (*Musa spp*), cuyo ciclo total puede fluctuar entre seis y diez años para algunas variedades. Las rotaciones de *larga duración* tienen en cuenta el establecimiento de cultivos, cuyo ciclo completo pueden alargarse más allá de los seis años. Tal situación podría ocurrir con la caña de azúcar, si se decidiera someter este cultivo a sistemas de rotación con otros de ciclo corto, la ganadería o ambas. Después de cuatro, cinco, o diez cosechas de la dulce gramínea en una misma superficie, ésta se dedicaría por un tiempo dado a otros cultivos. En suelos muy degradados tendría que pensarse en el bosque temporal, como una medida de recuperación del suelo. Esta práctica

requiere de una adecuada planificación y está muy ligada a la preservación de los ecosistemas.

Según la superficie, las rotaciones pueden ser *regulares*, si todas las fajas o amelgas son iguales e *irregulares*, si poseen diferentes tamaños. Según el modo pueden ser *continuas* si la superficie siempre está ocupada y *discontinua* si en algún momento del año se deja la superficie sin cultivar. Por el esquema se clasifican en *abiertas o libres* y *cerradas o fijas*. En primer caso se prevé la entrada de algún cultivo nuevo, en el segundo se mantiene el orden de los cultivos durante el tiempo que dure el sistema. Los sistemas abiertos permiten al productor hacer sustituciones de cultivos, según las condiciones del mercado y por tanto adelantar o atrasar fechas de siembra.

Un sistema de rotación eficiente no tiene que cumplir necesariamente con todos los requisitos anteriormente señalados, pero al proyectar cualquier rotación, deben ser tenidos en cuenta y adaptarlos como un principio del sistema.

Influencia de la luna en la rotación de los cultivos

La influencia de la luna sobre las siembras y cosechas de los cultivos resulta un tema bastante controvertido. Por un lado, la mayoría de los productores aseguran la importancia de su utilización, mientras que una parte importante de los científicos niegan tal influencia, a partir de ensayos realizados a tales efectos.

Según Bakach (1999), la respuesta de los cultivos a la influencia de la luna tiene un principio científico, al señalar que en Luna Llena se produce el máximo movimiento de fluidos en la naturaleza, es decir, de la marea y los organismos vivos, por tanto los frutos están más llenos, los seres se reproducen, la madera está más húmeda y la energía se encuentra en su máxima expresión. Algo similar ocurre en Luna Nueva, pero con menor intensidad, produciéndose mayor proliferación de microorganismos, sobre todo en el día de cambio de luna. La Luna Creciente, la señala como contraria a las anteriores, siendo la Luna Menguante los días de menor movimiento de fluidos.

En la práctica, los productores tienen su propia escuela, lo cual parece estar relacionada con el país o la región; pero no existe total claridad al respecto. Valdría la pena investigar a profundidad sobre el tema. A continuación se ofrecen propuestas de dos autores, que a la vez la han asumido de otros autores: un agricultor peruano, SU Tamara (1996) y Álvarez Febles (1994).

Luna Nueva: siembra de pasto y forrajes, maíz (cuarto día), inseminación de animales para obtener hembras. El trasplante de cultivos de tallo que dan frutos como berenjena y pimiento. Se siembra todo lo que crece hacia arriba. No realizar cosechas, “se apolillan” y baja el peso y por tanto los rendimientos de las cosechas.

Luna Creciente: plantación de frutales en suelo definitivo. Siembra de plantas de sombra, preparación de almácigos, siembra de hortalizas de hojas, frijoles, cucurbitáceas y solanáceas. Realizar injertos (yema y púa).

Luna Llena: poda de árboles en la tarde, siembra de granos incluye maíz. Trasplante de plantas, cosechas, castración e inseminar para lograr machos. Siembra de lechuga, cosechar repollo. La madera cortada en esta fecha se pudre.

Luna Menguante: Siembra de hortalizas cuyo fruto crece debajo de la tierra (bulbos, tubérculos y raíces). Preparación de suelo y corte de madera. Otros opinan que se siembra de todo lo que se produce bajo tierra como frutos, y cultivos que son atacados por gusanos, como el gandul, maíz. Es el momento ideal para sacar hijos de plátano.

Para la rotación de los cultivos, cada productor deberá comprobar a través de sus propias investigaciones la veracidad de las propuestas hechas, teniendo presente que la información brindada responde a productores de regiones muy distantes entre sí.

Esquemas de rotación de cultivos

Los esquemas de rotación de cultivos constituyen medios auxiliares para expresar las diferentes secuencias de cultivos por superficie en el tiempo, tanto de los llamados cultivos intercosechas (alternativas de cultivos entre dos cosechas del cultivo principal) como de los sistemas por su duración en el tiempo. Estos esquemas facilitan la comprensión de los períodos de preparación de suelo, los programas de siembras, labores culturales y cosechas.

Para realizar los esquemas de rotación, deben tenerse en cuenta las alternativas y especies de cultivos que integran el sistema, las fechas de entrada y salida de cada especie de cultivo en el sistema, así como el ciclo de cada cultivo en función de la fecha de siembra, período de barbecho temporal si existiera y el período de acondicionamiento o preparación del terreno entre dos siembras.

A través de la computación, se puede tener archivada en la memoria de la computadora toda la información antecedente de cada campo y por tanto, los diferentes esquemas de rotación previstos, así como, alternativas de emergencia de cultivos posibles a establecer en la sucesión, para los sistemas abiertos

La rotación de cultivos en Cuba

Las primeras propuestas de rotación de cultivos en Cuba, surgen a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, García (1909) y Calvino (1918), según los archivos del INIFAT (2000), quienes expusieron, además, sus resultados científicos en la utilización de los abonos verdes como mejoradores del suelo. Estas recomendaciones fueron marginadas fundamentalmente por el empuje creciente del monocultivo de la caña de azúcar y la rotación de cultivos se relegó a formar parte de la voluntad de algunos productores. Existen en la provincia de La Habana ejemplos de rotación de cultivos en caña de azúcar (superficie del Central Héctor Molina), donde los campesinos han dividido la superficie en seis cuadrantes: dos para caña de azúcar, dos para ganado vacuno y dos para cultivos varios, al culminar un ciclo completo de caña de azúcar, se produce la rotación. También la Finca de Mario Fiandol en Güira de Melena, La Habana, donde mantiene hace más de 70 años un Sistema de Rotación de cuatro cuadrantes, donde la papa, el ajo, y la malanga funcionan como cultivos principales en el sistema.

Hace cerca de medio siglo que en Cuba, han sido establecidas dos “campañas” de siembras: invierno y primavera, que comprenden aproximadamente los períodos entre los meses de octubre a enero y desde abril hasta junio respectivamente. En estos períodos es que se realizan las mayores siembras de cultivos de ciclo corto, tanto los semestrales (ciclo inferior a seis meses como el maíz) como los anuales (ciclo que sobrepasa el año como la yuca, pero que no llega a los dos años como la piña.) Sin embargo, las condiciones climáticas posibilitan hacer siembras durante todo el año, ajustándolas a las condiciones locales del clima y disponibilidades de riego.

Al inicio de la década del 90, surgieron en el país nuevas tendencias agrícolas encaminadas al rescate de alternativas agrícolas sostenibles, como consecuencia de la paulatina insuficiencia de recursos financieros para la importación de insumos, así como por las actuales tendencias mundiales encaminadas a desarrollar una agricultura más ecológica, que ha permitido un mayor aprovechamiento del suelo en el tiempo. Estas premisas

favorecieron a que se produjeran cambios estructurales para poder aplicar en la práctica productiva, resultados científicos relacionados con los cultivos múltiples. Sin embargo, aún persisten algunos criterios de carácter económico, que justifican el monocultivo como un sistema de producción más eficiente, al ser fundamentado desde la posición de la llamada agricultura moderna y valorarse el estrecho concepto de los resultados del manejo de una determinada tecnología, por sus rendimientos brutos y, por tanto, se obvia la materia seca que se produce; las calorías, proteínas, minerales, vitaminas y grasas, como componentes básicos del rendimiento agrícola. Ante esta realidad, resulta difícil hacer análisis integradores en base a la sostenibilidad de las tecnologías en el tiempo, donde falta la evaluación de los elementos agroecológicos y otras valoraciones relacionadas con los rendimientos totales, en función de la energía utilizada vs energía producida y la conservación del medio ambiente.

En las condiciones de La Provincia La Habana y utilizando variedades de cultivos de ciclo muy corto, se desarrolló una investigación para conocer los efectos de la agricultura intensiva, cuando las alternativas cambian en el tiempo. Se pudieron obtener 18 cosechas en la misma superficie de suelo durante cinco años consecutivos, demostrándose que es posible obtener tres cosechas por año en la misma superficie de suelo, sin que por ello se afecten los rendimientos del cultivo principal o cabeza de alternativa (Tabla 19).

.	Diciembre	Abril	Agosto	Totales
1	Papa	Boniato	Barbecho	45.294
2	Papa	Maíz	Abonos verdes	34.270
3	Papa	Maíz	Soya	36.166
4	Papa	Maíz	Maní	36.222
5	Papa	Boniato	Maíz	51.268
6	Papa	Maíz	Boniato	48.280
7	Papa	Pepino	Boniato+maíz	55.554
8	Papa	Boniato+ maíz	Pepino	51.458
9	Papa	Caupí	Maíz	34.254
10	Papa*	Maíz	Abonos verdes	30.990
11	Papa	Maíz	Caupí	40.678

*La papa se fertilizó sólo al 50 % de sus necesidades en nitrógeno

Tabla 19. Rendimientos totales de la papa e intercosechas ($t.ha^{-1}$). Media de 5 años

Como se puede apreciar, el mejor sistema considerando la producción total obtenida resultó el sistema: papa- pepino- boniato o camote + maíz - papa. Sin embargo, hubo sistemas que fueron los mejores en términos de producción de energía (papa - boniato o batata - maíz - papa), mientras que otro lo sería en proteínas si se sustituye el maíz por la soya, o en grasas, si en lugar de la soya o el maíz, se siembra maní; de manera que desde el

punto de vista económico, no se deben considerar los sistemas como mejores o peores solamente por los rendimientos expresados en toneladas de productos cosechados, ya que cultivos como el pepino aportan mucha agua y poca energía. Este análisis, no obstante, es aún insuficiente si se quiere profundizar en el tema, pues otros aspectos vitales tendrían que ser tenidos en cuenta, como el referido a la conservación del suelo, como el incremento de la materia orgánica y la microbiología del suelo, entre otros factores relacionados con la conservación de la bioestructura del suelo. Cuatro aspectos básicos se destacan en estos resultados:

- ❖ La repetición anual del cultivo de la papa en la misma superficie durante cinco años, con uno o dos cultivos como precedentes, no afectó sus rendimientos, respecto al testigo con sólo 2 cosechas al año.
- ❖ Las condiciones climáticas reinantes durante el crecimiento y desarrollo de la papa, determinaron sobre el sistema de rotación empleado; por ejemplo la producción promedio del año 1992 superó al promedio de los restantes años (1990, 1991, 1993, 1994, 1995 y 1996) en 8 toneladas por hectárea
- ❖ Las leguminosas como precedente a la papa resultaron ser las mejores variantes.
- ❖ El abono verde empleado no fue capaz de suplir el 50 % de los requerimientos de Nitrógeno

Estos resultados, sin embargo, no pueden establecerse como una norma a emplear para cualquier agroecosistema, dado que la variabilidad en la riqueza de los suelos donde se lleve a cabo la experiencia puede cambiar el resultado; por otra parte, faltó evaluar elementos determinantes de la conservación de los suelos, como la acumulación de materia orgánica. Sin embargo, la investigación muestra las potencialidades del trópico para explotar el suelo, incluso intensivamente.

Para las condiciones de Cuba, han sido definidas zonas agrícolas, cuya explotación ha estado dirigida en función de los factores del clima y el suelo. Muchos productores en presencia de suelos llanos y fértiles se dedican al cultivo de la caña de azúcar y cultivos varios como las raíces y los tubérculos y hortalizas. En presencia de suelos pobres, o fértiles pero con drenaje deficiente, los han priorizado para la ganadería; mientras que los suelos fértiles, con buen drenaje y topografía alomada, han sido

dedicados al cultivo del cafeto y frutales. En estas condiciones también ha sido preservado el bosque.

Se presentan determinadas zonas con microclimas adecuados para determinados cultivos que unidos a la tradición cultural, han posibilitado una eficiente explotación (Tabla 20). No obstante, la mayoría de estas micro-zonas cuentan con potencialidades suficientes, para el establecimiento de otras alternativas, cuya producción incrementa la biodiversidad de cada zona de referencia y eleva el coeficiente de producción por superficie.

Estos sistemas generalmente aportan dos cosechas al año en la misma superficie de suelo, como ocurre con la papa en las provincias de La Habana, Matanzas, Ciego de Ávila y algunas zonas de la provincia de Holguín; de tal modo que el sistema de rotación predominante lo constituye: papa – cultivo intercosechas – barbecho – papa; repitiéndose la rotación por dos o tres años. Algo similar ocurre con el arroz en Los Palacios, provincia de Pinar del Río. El sistema de rotación que se ha establecido en los últimos años: arroz–ganadería–arroz, aunque en este cultivo se ha practicado también la rotación con fríjol y tomate.

Una propuesta concreta ha sido la utilización de la soya como una alternativa dentro de los sistemas, por las ventajas que ha ofrecido en lo que se refiere a la producción de granos y mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Díaz, 1989) así como la siembra de la *Sesbania rostrata* como abono verde previo a la realización de la siembra del arroz (Cabello, 2000), pero dichas propuestas aún no se aplican en un elevado porcentaje a escala nacional.

Zonas del país	Cultivos dominantes<
Caney, Santiago de Cuba.	Mango y otros frutales.
Ciego de Ávila, Camagüey.	Cultivo de la piña.
Banao, Villa Clara.	Frutales exóticos y Hortalizas, (Ajo y Cebolla).
Zona montañosa y valle de Guantánamo.	Anonáceas, Vignas, Café y Girasol.
Baracoa, Guantánamo	Cacao, Coco y Café.

Los Palacios, Pinar del Río.	Arroz.
Llanuras del Cauto, Bayamo.	Arroz.
Sur del Gíbaro Santi Spiritus.	Arroz.
Pinar del Río y zonas específicas del municipio Vertientes.	Tabaco.
Isla de la Juventud.	Cucurbitáceas y cítricos (especialmente toronja).
La Salud, Provincia La Habana.	Maní y cultivos varios.
Ceballos, Ciego de Ávila.	Cítricos y fruta bomba, (papaya).
Velazco, Provincia Holguín.	Frijoles.
Matanzas.	Henequén.
Ciego de Ávila	Kenaf.
Güines (Costa Sur) La Habana.	Ajo y cebolla.
Santa Cruz, (Costa norte).	Cebolla.
Güira de Melena. (La Habana).	Papa y boniato (batata).

Tabla 20. Zonas agrícolas con mayor tradición y eficiencia en la producción agrícola

Haciendo una valoración general del sistema en monocultivo en Cuba, para los cultivos como la caña de azúcar, los cítricos, el arroz, el plátano y la piña entre otros, mientras se contó con las posibilidades de aplicar las técnicas modernas e insumos necesarios, para mantener altos y estables los rendimientos de los cultivos, se lograron avances económicos apreciables, sobre todo por las ventajas que se proporcionaron con la implementación de industrias complementarias, para el máximo aprovechamiento de las cosechas fundamentalmente en la caña de azúcar y los cítricos

Por otra parte las exportaciones de algunos de estos productos posibilitaban la adquisición en el mercado de otros, cuya producción en el país resultaba demasiado costosa de acuerdo con los cálculos económicos, como es el caso de la mayoría de los granos proteicos; sin embargo, en ausencia de disponibilidades de insumos, las ventajas aparentes de estas ideas, asumen otras consideraciones; por tanto, la implementación de sistemas de rotación con alta diversidad de alimentos directos al consumidor, evita la escasez de productos diversos en el mercado, promoviéndose simultáneamente la producción de diferentes productos ricos en proteínas, grasas, calorías, vitaminas y minerales.

Estas consideraciones no eximen el análisis para evitar extremos, pues en cultivos perennes se dan condiciones económicas favorables para el monocultivo y cuando ya han sido establecidos con sus correspondientes industrias complementarias, hay que saber dar los pasos efectivos que permitan mantener los logros alcanzados e ir estableciendo cambios

paulatinos hacia la biodiversidad agrícola, teniendo en cuenta dentro del ecosistema las condiciones del suelo, el clima y su topografía.

Consideraciones finales

El tema, “rotación de cultivos” constituye solo un eslabón de la gran cadena que debe sostener la producción agropecuaria del futuro, quizás el más importante, si es que se está dispuesto a continuar defendiendo los principios de la Agricultura Sostenible. Por tanto, en este trabajo no se pueden hacer recomendaciones como recetas médicas. Cada agroecosistema tiene sus propias características y así habrá que enfocarlos; conociendo el agroecosistema con sus características: su historia primero, la situación actual después, y posteriormente, proyectar el trabajo para garantizar el futuro.

Bibliografía

- Álvarez Febles, N. (1994). La Tierra Viva Manual de Agricultura Ecológica. Instituto de Educación Ambiental de la Universidad Metropolitana. Puerto Rico. 128 p.
- Andrews, D. J. y Kassiam, A. H. (1976). Importance of multiple cropping increasing world food supplies. En: Multiple cropping. ASA Special publication No 27. American Soc. Agron. Madison. Wisconsin. P. 1–10.
- BAKACH, S. (1999). Calendario Médico Lunar. Casilla No. 18-01 – 248. Ambato, Ecuador.
- Benegas, R. (1998). Curso de Control Biológico de Plagas y Enfermedades en cultivos agrícolas CET COLINA Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo. P. 1–26.
- Buchman, B. C. y Brady, N. C. (1964). Naturaleza y propiedades de los Suelos. Edición Revolucionaria La Habana Cuba 147–150.
- Cabello, M. (2000). Comunicación personal. Instituto del Arroz, La Habana, Cuba
- Díaz, G. (1989). Encuentro Técnico Provincial del Cultivo del Arroz. Informe. Archivos de la Estación Experimental de Arroz de Los Palacios Pinar del Río, Cuba. 86 p
- Dichl, R.; J. M. Mateo Box y P. Urbano (1982). Fitotecnia General. Ediciones Mundi - Prensa Madrid – 1 España. Pág. 393- 506.
- Fernández, E. (1990). Manejo integrado de plagas del tabaco en plantaciones. Informe de Resultados de la Investigación. ACC, INIFAT La Habana, Cuba. 36p
- Flint, M. L. y Robert, P. A. (1988). Using Crop diversity to manage pest problems: Some California examples. Am. J. Alternative Agric. 3, 163- 167.
- Focella, F. y Lindstrom, M. J. (1988). Weed seed populations in ridge and conventional tillage Weed Sci. 36, 5000-503.
- Francis, C. A. y Clegg, M. D. (1990). Crop rotations. In Sustainable Agricultural Systems (A: Edwards, R. Lal, P. Madden R. H. Miller and G. House, eds) p 107- 122 Soil water conserv. Soc., Ankeny, Iowa.

- Franke, G. (1980). Fruchfolge. Ackerbau 5–7 Hochschulstudium. Trópische und Subtropische Landwirtschaft Alemania 166p. (36-42)
- Gandarilla, H. (1992). Uso de la rotación papa - col - boniato, en el manejo de nemátodos. Informe del Laboratorio de Provincial de Sanidad Vegetal, La Habana.
- Huberman, L. (1961). Los bienes terrenales del hombre. Historia de la riqueza de los pueblos. Imprenta Nacional de Cuba, La Habana (3-15), 312 p.
- INIFAT (2000). Archivos del Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical, INIFAT Santiago de Las Vegas, C. Habana, Cuba.
- Karlen, D. L. (1994). Crop Rotations for the 21st Century Advance in Agronomy, Vol. 53.; 45 p. /Varvel G. E. ; Bullock, D. G. ; Cruse R. M Cropright , by Academy Press.
- Kottir F. A. (1994). Efectos alelopáticos de los cultivos económicos: maní, pepino, y sesbania sobre la germinación de la semilla de botánica de papa. Trabajo de Diploma en opción al Grado de Ingeniero Agrónomo /Leyva A. Tutor,. ISCAH, La Habana, 85 p.
- Leyva, A. (1997). Diversificación de la producción agrícola en superficie dedicada al cultivo de la papa. FORUM de Ciencia y Técnica, San José, La Habana, Cuba 17 p.
- Leyva, A. (1986). Zum Einfluss der Nutzung des Brachezeitromes zwischen zwei Anbautziken von Zuckerrohr durch Soja auf die Unkrautdynamik und den Ertrag beider Nutzpflanzenarten in Kuba. Disertación A. /Dr. Sc. Franke G. ; Dr. J. Pohlan. Tutores, Institut fur tropiche Landwirtschaft Uni. Leipzig, Alemania, 102 p.
- Mac Rae y Mehuys G. R. (1985). The effect of green manuring on the physical properties of temperature – area Soils. Adv. Soil Sci. 3, 71 – 94.
- MINAL MINSAP (1985). Tabla de composición Alimenticia MINAL-MINSAP, La Habana
- PPérez E. 1992. Manejo de arveses en la agricultura. Agroalimentario. La Habana, Año 1(7):2.
- Puentes, M. C.; León, P.; Díaz, E.; Ravelo, F.; y Chávez, T. (1980). Manual de Fitotecnia General. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana ISCAH p 286 – 311 MES EIMAV.
- Sánchez, R. A. (1996). Siembra Directa. Tecnología para una Agricultura Sostenible. CESDIR-URG. San Juan de los Morros, Venezuela, 47 pp.
- SU Tamara, J. M. (1996). Comunicación Personal. VI Encuentro RAE, Piura, Perú.

POLICULTIVOS O CULTIVOS ASOCIADOS

Dr. Ángel Leyva Galán y María de los A. Pino Suárez



Arroz intercalado con *Leucaena leucocephala*. Modipuram, India. (Foto: A. Leyva)

"Pocas veces es posible encontrar en la naturaleza un sólo tipo de vegetación ocupando el suelo y mucho menos en los trópicos húmedos. Lo normal es encontrar combinaciones de árboles, arbustos, hierbas y plantas con tallos trepadores o rastreros. La Agricultura ecológica intenta recrear el entorno con esta variedad de opciones, para darle estabilidad al agroecosistema y promover una actividad productiva y rentable".
Álvarez Febles (1994)

Introducción

Los policultivos han dejado de ser la práctica agrícola atrasada de países subdesarrollados, para convertirse en una tecnología de producción imprescindible para el incremento de la biodiversidad. Los estudios realizados en los últimos años, han dado muestras de su eficiencia más allá de los objetivos puramente económicos, por los cuales han perdurado entre los agricultores de menores disponibilidades de recursos.

Origen y desarrollo

Las asociaciones de cultivos tienen su origen en una agricultura de supervivencia, dirigida al máximo aprovechamiento del espacio agrícola y

su práctica se ha desarrollado históricamente entre los campesinos con carencia de recursos e insuficientes disponibilidades de superficie agrícola. La expresión suprema del policultivo se aprecia en los alrededores de cualquier hogar, que cuente con superficie de suelo utilizada para la siembra de plantas de alta demanda en la cocina, como las plantas para condimentos, así como árboles frutales, para contrarrestar el calor tropical y por supuesto las plantas de jardín, que contribuyen a recrear el ambiente y perfumar la brisa.

Los cultivos asociados tienen su origen en los mismos inicios de la agricultura, como parte de las culturas indígenas; sin embargo, el reconocimiento de su importancia, no rebasa las últimas dos décadas; por ello resulta difícil referir datos históricos que registren informaciones cuantificadas de su utilización. Es conocido que los egipcios la practicaron mucho antes de nuestra era, lo cual ha sido reflejado en sus pinturas con diversidad de formas de cultivos en un mismo plano, en presencia de agricultores labrando el suelo. Algo similar ocurrió en China, la India y en muchos países de Europa. Sin embargo, esta tecnología de producción quedó rezagada en la medida que a escala mundial la agricultura comenzó a modernizarse, predominando dicha práctica donde la fuerza de trabajo es abundante y escasa la tecnificación.

La prueba que demuestra el uso de estas técnicas fundamentalmente entre los países más pobres y campesinos de bajos ingresos, se refleja en la estimación que se hace en la Tabla 21. Los países desarrollados, por lo general, cuentan con recursos suficientes para aplicar masivamente la mecanización en la agricultura, la cual indudablemente ha sido diseñada en casi su totalidad, para la producción en monocultivo. Sin embargo, la práctica de los policultivos, cultivos múltiples o asociados, ha cobrado fuerza, como principio básico de la agricultura ecológica. Actualmente se desarrollan numerosas investigaciones de posibles combinaciones de cultivos, que posibiliten una mayor productividad de los suelos, con un uso más racional de los insumos disponibles, una mayor biodiversidad alimentaria y preservación de los recursos naturales, con el correspondiente cuidado del agroecosistema.

CULTIVOS	PAÍSES	PORCENTAJE DE APLICACIÓN
Caupí	África	98% (Asociado con dif. cultivos)
Caupí	Nigeria (Zona Norte)	83% (Asociado con dif. cultivos)
Frijol	Colombia	90% (Asociados al maíz)

Frijol	Guatemala	73% (Asociados al maíz)
Frijol	Brasil	80% (Asociados al maíz)
Frijol	México	58% (Asociados al maíz)
Maíz	En el trópico	60% (Asociado con dif. cultivos)
Frijol	En el trópico	75% (Asociado con dif. cultivos)
Maíz	Rep. Dominicana	40 % (Asociado con dif. Cultivos)

Tabla 21. Estimación estadística de las asociaciones de cultivos en el mundo Altieri, (1996)

Terminología de los policultivos

Se denominan cultivos múltiples, a la producción de dos ó más cultivos en la misma superficie de suelo durante el mismo año. Los cultivos múltiples, por tanto, constituyen sistemas que hacen un uso eficiente de los factores de crecimiento, luz, agua y nutrientes; del espacio y el tiempo disponible, para intensificar la producción agrícola. Estos objetivos se logran sembrando o plantando las especies de los cultivos en secuencia o en asociación.

Los cultivos secuenciales o consecutivos corresponden a la producción de dos o más cosechas, una después de la otra en monocultivo, lo cual se corresponde con la terminología referida a la rotación y alternativas de cosechas. Los policultivos, cultivos intercalados o asociados, son siembras simultáneas de dos ó más cultivos (especies de cultivos) en la misma superficie y pueden ser en forma mixta, en surcos, en franjas o fajas y de relevo.

Cultivos intercalados mixtos se denominan a la siembra de dos o más especies de cultivos simultáneamente en forma irregular sin patrón de siembra definido; mientras que los cultivos intercalados en surcos se refieren a siembras simultáneas de más de un cultivo, con arreglos definidos en surcos, en al menos uno de ellos. Los cultivos en franjas o fajas son siembras simultáneas de especies, que se disponen en bandas interactuando agronómicamente, pero con independencia en el espacio. Esta forma de asociación facilita el manejo independiente de los cultivos y se adapta mejor a siembras de grandes superficies, donde se puede incluso utilizar la maquinaria adaptada para la siembra en monocultivo A la siembra o plantación de una o más especies al final del ciclo de otro cultivo ya establecido se le denomina "Intercalado de relevo". Estas siembras deben realizarse dentro del espacio agrícola del cultivo establecido, después de su floración.

Dentro de las definiciones expuestas existen otras, que indirectamente tienen relación con los cultivos múltiples, ya que forman parte del sistema como es el caso del concepto de "Patrón de cultivos" que, según Andrews y Cassam (1976), es la secuencia anual y colocación física de los cultivos incluyendo el barbecho si existiera.

A los patrones de cultivos utilizados en una finca y sus interacciones con las tecnologías disponibles que determinan su composición, se les denominan sistemas de cultivos. Estas definiciones, en general, junto al índice de cultivo (número de cultivo/año de un terreno x 100) tienen su mayor aplicación en la evaluación de la eficiencia de los sistemas; tanto asociados como en rotación.

Bases científicas del policultivo



Frijol (*Phaseolus vulgaris*) intercalado en caña de azúcar (Foto Leyva, Bainoa, La Habana, Cuba)

Las interacciones entre cultivos se deben a factores ambientales y biológicos, así como a la competencia interespecífica, mayor estabilidad de la producción y menor riesgo de pérdidas totales. Actúan como freno o barrera contra la multiplicación de patógenos y un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles. Las asociaciones de cultivos utilizadas con eficiencia,

proporcionan beneficios económicos superiores a los que se obtienen en la siembra de los cultivos por separado en monocultivo.

Según Vandermeer (1995), en un policultivo se cumplen dos leyes: la de “producción competitiva” y la de “facilitación”. La primera se fundamenta en un principio ecológico, que plantea la imposibilidad de que dos plantas puedan crecer simultáneamente en el mismo espacio sin competencia interespecífica; por tanto, en un policultivo cualquiera, la producción a obtener será inferior a la del monocultivo, si este último se siembra a densidad óptima. La ley de la facilitación se fundamenta en el hecho de que existen determinadas plantas que durante su crecimiento y desarrollo proporcionan o facilitan condiciones a otras, para que puedan crecer en su espacio vital, sin afectarlas. En tal caso, la producción total de la asociación superará al monocultivo. La facilitación depende de la arquitectura de las plantas y de su capacidad que estas tengan de ocupar más o menos rápido su espacio agrícola y su éxito dependerá de numerosos factores, la mayoría de los cuales están determinados por los conocimientos y habilidades que tenga el productor a la hora de hacer combinaciones de cultivos.

Sin embargo, este análisis se refiere exclusivamente al factor económico y está proyectado a la producción, sin tener en cuenta aspectos de la rentabilidad del sistema integralmente; es decir, menor o mayor utilización de insumos, aprovechamiento del coeficiente de utilización del suelo, número de cultivos por superficie en el tiempo, energía total utilizada para lograr determinada producción en una superficie cualquiera, entre otros.

Al asociar más de un cultivo en la misma superficie de suelo simultáneamente, se garantiza la supervivencia de uno de ellos, en caso de presentarse una plaga devastadora de uno de los cultivos previstos. Adicionalmente, se puede afirmar que en sistemas asociativos se hace un mayor aprovechamiento de los insumos y una mayor y mejor protección a los cultivos, contra plagas, enfermedades y arvenses. Por tanto, la tecnologías de los policultivos va más allá de un simple análisis económico al estilo tradicional; hay que considerar también aspectos de carácter biológico que tienen que ver con la protección del medio ambiente (equilibrio ecológico), la conservación del suelo con el aumento de la materia orgánica, aprovechamiento de los recursos disponibles en la región o predio (residuos de cosechas), entre otros aspectos.

Altieri (1992) ha planteado cuatro hipótesis que utiliza para justificar las causas de un menor daño por plagas respecto a sus monocultivos:

Resistencia asociacional: Cuando las plantas están mezcladas se está en presencia de una doble resistencia, es decir, la individual de cada especie, más la de la asociación.

Los enemigos naturales: La presencia de enemigos naturales es mayor en policultivos que en monocultivos.

La concentración de recursos: La distribución espacial de las plantas hospederas influye sobre la habilidad de los insectos herbívoros para encontrar su planta hospedera.

La apariencia de las plantas: Los cultivos han derivado de sucesiones de hierbas, que escaparon de los herbívoros en espacio y tiempo. Los sistemas de monocultivos hacen a las plantas más aparentes, haciendo reducción de su capacidad natural de defenderse. A estas hipótesis habría que agregar que con el policultivo existe un mayor acercamiento al equilibrio natural, que la naturaleza brinda en cualquier ecosistema. Mientras más diverso, menores serán los daños. Esta consideración está en correspondencia con el pensamiento filosófico de Álvarez Febles, (1994).

Relaciones e interacciones entre plantas asociadas

Según Diehl y Mateo Box (1982), existen relaciones e interacciones entre las plantas asociadas que no deben ser violadas, para evitar efectos negativos. Entre ellas se destacan las siguientes:

Al establecerse una asociación de cultivos no deben elegirse plantas estoloníferas invasoras del medio, para evitar que se conviertan en una vegetación no deseable con posibilidades de afectar los rendimientos del otro cultivo.

El análisis es para producciones dirigidas a la alimentación de la población; sin embargo, si se trata de siembras en áreas elegidas por un tiempo prudencial para la alimentación animal, dicha mezcla puede resultar beneficiosa.

Para cultivos con ritmos de crecimiento vegetativo o exigencias térmicas diferentes, las siembras deben hacerse en dos tiempos.

El hecho de que existan numerosas variedades, cuya maduración tiende a adelantarse por efecto del fotoperíodo, puede facilitar un aceleramiento rítmico entre los cultivos diferentes, que proporcionan un equilibrio en el crecimiento tendiente a la simultaneidad. En las condiciones de Cuba por ejemplo, se proporcionan condiciones para la siembra simultánea de la soya y el maíz, si ésta se hace en la primavera y el verano; sin embargo, la soya debe adelantarse en al menos 10 días si la siembra se realiza en invierno, donde su ritmo de crecimiento es mucho más lento.

Evitar interacciones entre las plantas con exigencias alimenticias similares y con ella, prevenir la ruptura del equilibrio nutricional de la asociación.

Los estudios de Sánchez (1985) demostraron el grado de exigencia nutricional de varios cultivos económicos que confirman este hecho. Las asociaciones entre cultivos potasófilos como la papa y la yuca, pueden provocar desgastes en la fertilidad del suelo para este elemento; también la asociación de la caña de azúcar, con el maní según King, (1968) produce este efecto negativo Trabajos desarrollados por Creach (1993) han demostrado una relación de producción equivalente favorable, cuando se asoció a la caña de azúcar una vigna, por sus aportes en nitrógeno.

Conocer posibles efectos alelopáticos entre los cultivos asociados para evitar afectaciones en los rendimientos en algunos de ellos.

Ejemplos típicos de efectos alelopáticos negativos son los que según varios autores atribuyen al girasol junto al tomate y asociado a la fresa (Álvarez Febles, 1994) así como con cucurbitáceas (Billapart Vila, 1988). Sin embargo, Beltrán y Leyva (1997), al estudiar los posibles efectos alelopáticos del girasol asociado al tomate, no se presentó dicho comportamiento en condiciones de campo, a pesar de haberse encontrado efectos alelopáticos negativos a escala de laboratorio; todo lo cual indica la complejidad del tema, que será analizado con mayor detenimiento en el capítulo referido a la alelopatía.

Conocer la fenología y hábitos de crecimiento de los cultivos durante el año

El conocimiento de estas relaciones entre las plantas facilita el éxito de las asociaciones entre los cultivos económicos. Por ejemplo, para las condiciones de la parte occidental de Cuba, las vignas alcanzan un máximo crecimiento y desarrollo cuando son sembradas a partir del mes de mayo y hasta finales de agosto; siembras fuera de este período ofrecen bajas producciones.

Pueden existir otras relaciones e interacciones entre plantas asociadas favorables o no, como la exigencia del cultivo a la humedad. Cultivos como la papa (*Solanum tuberosum L.*), el arroz (*Zea mays L.*) y la malanga (*Xanthosoma spp*) no deben ser asociados con otros pocos exigentes a la humedad, como: girasol (*Helianthus annus L.*) y sorgo (*Sorghum vulgaris L.*)

Tipos de asociaciones vegetales

Las asociaciones de cultivos pueden ser clasificadas según el objetivo que se persiga:

ASOCIACIONES DONDE SE UTILIZA UN CULTIVO TUTOR

Se emplea con el objetivo de evitar encamado en plantas de tallos débiles. En esta asociación es común utilizar como planta tutor el maíz, cuyo tallo de composición ligninosa, de crecimiento erecto y conformación de un follaje abierto, facilita la entrada de luz, para cultivos de porte bajo como pueden ser el tomate y la habichuela, de los cuales existen experiencias fundamentalmente en áreas del sector campesino.

ASOCIACIONES DONDE SE UTILIZAN PLANTAS PROTECTORAS.

El principal objetivo de esta asociación es amortizar las incidencias directas de la luz solar sobre cultivos económicos, que en determinada época del año afectan notablemente sus rendimientos. Un ejemplo practicado en el trópico, corresponde al uso de las calles entre las hileras del plátano, para la siembra de vegetales que no tengan incompatibilidad con este cultivo, para la protección contra la incidencia de la luz y altas temperaturas.

La mayor experiencia en la utilización de plantas protectoras se ha obtenido entre los campesinos, utilizando el tomate asociado con lechuga. En este caso, se aprovecha también el espacio agrícola comúnmente no utilizado por el plátano bajo condiciones de monocultivo. También la lechuga progresó muy bien asociada al quimbombó en condiciones de estrés por altas temperaturas. Debe no obstante tenerse en cuenta que estas asociaciones son solamente posibles, en la etapa de fomento del cultivo principal, ya que una plantación establecida limita en gran medida la entrada de luz, para el cultivo de menor porte, salvo el caso de algunos cultivos que permiten la poda de sus hojas y tallos, sin que se afecten sus rendimientos, como podría ocurrir con algunas variedades de yuca.

Pino (2001) demostró que se modifica la productividad del cultivo del tomate, aún con cultivares adaptados climáticamente para períodos no óptimos de siembra, empleando al maíz como cultivo protector por medio de arreglos topológicos y orientación de las hileras de los cultivos con respecto a la salida y puesta del sol, logrando entre otros, modificar el fitoclima a nivel de sistema de cultivo, como se aprecia en la Tabla 22.

Arreglo espacial	Período temprano		Período tardío		IET
	Rendimiento del tomate (t.ha ⁻¹)	Rendimiento del maíz (t.ha ⁻¹)	Rendimiento del tomate (t.ha ⁻¹)	Rendimiento del maíz (t.ha ⁻¹)	

2:1:2	17.63	8.00	15.72	7.30	1.83
2:2:2	21.04	7.80	20.31	6.06	1.88
2:3:2	23.00	7.04	21.78	5.72	1.99
2:5:2	18.70	5.12	16.29	4.16	1.51
2:7:2	15.79	4.16	15.47	3.38	1.37
Mono	18.15	9.60	15.61	8.70	1.00

Los valores extremos se corresponden con hileras de maíz y los intermedios con hileras de tomate

Tabla 22. Índice equivalente de la tierra (IET)

ASOCIACIÓN PARA MEJORAR LA COMPOSICIÓN CUALITATIVA DEL FORRAJE

En este tipo de asociación debe cumplirse el principio de combinar plantas poáceas con leguminosas, buscando que esta última eleve los niveles proteicos del forraje. La principal experiencia en Suramérica y el Caribe se refiere a la asociación sorgo-soya en siembra mixta sin arreglo en surcos. Esta mezcla es cosechada, cuando la soya está en la etapa de formación de vainas (R2-R3), que al ser empleada la mezcla en la alimentación del ganado vacuno, eleva la producción de leche por vaca (Hechavarría, 1990).

Es posible utilizar también otras combinaciones, como es el caso del maíz, girasol forrajero y *Amaranthus*, intercalados en el establecimiento del pasto “guinea” cuya producción resulta superior al pasto de monocultivo, sin afectar su composición botánica (Sistach y Barrientos, 1993). La asociación *glycine - bermuda* ha sido evaluada para mejorar la estructura del pastizal en cuanto a niveles proteicos y digestibilidad del animal (Herrera *et al.*, 1986). Cuando se han comparado sistemas de alimentación animal, basados en gramíneas puras y asociadas con leguminosas se han obtenido ganancias a favor de la asociación en cuanto al peso por animal por año (Monzote, 1986).

Como se puede constatar existen experiencias que demuestran las ventajas de la asociación para mejorar la composición cualitativa del forraje; faltaría continuar profundizando en esta técnica agrícola, sobre todo en su aplicación directa en la producción pecuaria, de modo que se logren variadas opciones de sistemas silvopastoriles de alta productividad y de aplicación práctica efectiva.

ASOCIACIONES PARA OBTENER BENEFICIOS DE CARÁCTER BIOLÓGICO Y AGRONÓMICO

Uno de los principios fundamentales de la Agricultura Sostenible, está basado en la protección del suelo, por tanto, toda asociación que incluya

abonos verdes, favorecerá el propósito de mantener sus propiedades físicas, químicas y biológicas en niveles óptimos. La asociación canavalia - maíz en siembra de verano proporciona la ventaja de brindar una cosecha de maíz tierno para el consumo humano y ofrece la posibilidad de aportar al suelo una biomasa superior a las 5 t de materia seca por hectárea del follaje de la canavalia (*Canavalia ensiformis.*) mezclada con las plantas de maíz, si no es retirada del campo para la alimentación directa del ganado. Esta asociación aporta entre 3 y 4 toneladas de mazorcas tiernas de maíz y constituye una excelente combinación como precedente a hortalizas de invierno. Las siembras pueden hacerse simultáneas o adelantando de 10 a 15 días la del maíz; cubriendo entre un 30 y 40 % de la superficie total.

García (1997) intercaló abonos verdes en el cultivo de la malanga; dichas leguminosas mejoraron los requerimientos de este cultivo en nitrógeno y fósforo (tabla 23) En el caso de la nutrición potásica de las plantas, estas resultaron favorecidas por tres de las leguminosas intercaladas: Dolichos (*Dolichos Lablab*), Canavalia (*Canavalia ensiformis*) y Vigna (*Vigna unguiculata*). Hubo mejoría en las propiedades físicas del suelo, por una disminución significativa de la densidad aparente e incremento de la humedad natural, así como una tendencia al incremento de la porosidad total. Estos resultados constituyen quizás una esperanza, para que el productor agrícola abrace los abonos verdes como una alternativa necesaria en la agricultura, por sus potencialidades mejoradoras de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y como elemento básico alternativo nutricional de los cultivos económicos, sin tener que hipotecar el suelo por un período de tiempo dado, sin obtener resultados económicos inmediatos. La asociación de abonos verdes con cultivos económicos, será en definitiva el comienzo de una nueva era en la agricultura tropical, sobre este tema se profundiza más en el capítulo de abonos verdes. Otra excelente combinación resulta de la asociación maíz (*Zea mays*) y el boniato o camote (*Ipomea batata*) para la obtención de tres cosechas simultáneas. Para lograrlo, se planta el maíz simultáneo con el boniato, este último preferiblemente de ciclo muy corto (100-110 días), de forma tal que a los 85 días se obtiene la cosecha del maíz tierno, de 25 a 30 días después se cosechan las plantas de maíz unidas con el follaje del boniato y posteriormente se procede a la cosecha de los tubérculos de boniato. Esta asociación posee la ventaja de aportar mayores rendimientos en tubérculos y mazorcas de maíz, que el que se obtiene en cada cultivo por separado en monocultivo.

TRATAMIENTOS	CONCENTRACIÓN DE NPK EN PECIOLOS			CONCENTRACIÓN DE NPK EN HOJAS		
	N (%)	P (%)	K(%)	N(%)	P (%)	K(%)

Monocultivo	1.31d	0.40 c	3.91d	3.48c	0.38d	3.54bc
Crotalaria	1.58bc	0.43bc	3.85e	4.77 ^a	0.48bcd	3.76b
Dolicho	1.71 abc	0.43bc	7.67 ^a	4.08c	0.58b	4.93 ^a
Canavalia	1.90 ^a	0.40c	6.50b	4.31b	0.49bcd0.	3.81b
Sesbania	1.53c	0.50bc	3.54d	4.25b	41cd	3.63bc
Vigna blanca	1.76ab	0.56ab	3.63d	4.37b	0.51bc	3.07c
Vigna roja	1.67 bc	0.69 ^a	5.37c	4.25b	0.77 ^a	3.98b
Soya	1.62bc	0.53bc	2.93d	3.73b	0.58b	3.54bc
S%	0.062	0.045	0.302	0.041	0.035	0.199

Tabla 23. Efectos de diferentes abonos verdes intercalados sobre el contenido de NPK en Malanga.

El aspecto fundamental a considerar en esta asociación es el de no sembrar el maíz a su densidad normal (sembrar de 40-50 cm entre plantas y de una a dos plantas por nido), es decir, darle un mayor espaciamiento y ocupar con maíz sólo entre un 30 y 40 % de la superficie total (un surco de maíz cada dos o tres surcos de boniato, en los espacios libres entre surcos de boniato, o sobre sus propios surcos). Otro ejemplo clásico en el aprovechamiento de la superficie agrícola a partir del principio de asociación de cultivos lo constituyen los sistemas agroforestales, de los cuales existen numerosas experiencias en Cuba cuando se intercalan entre los árboles maderables cultivos alimenticios (Calzadillas *et al.*, 1986). También se dedica a este tema un capítulo completo, por su importancia dentro de los agroecosistemas, para el desarrollo de una agricultura sostenible.

ASOCIACIONES PARA APROVECHAR LA SUPERFICIE AGRICOLA Y OBTENER BENEFICIOS ECONÓMICOS

Vandermeer, (1995) ha indicado la existencia de varios IET (El IET es un procedimiento matemático aplicable a los policultivos, que cuando su valor supera la unidad indica un efecto económico favorable) mayores a la unidad, publicados en la literatura internacional, sin que exista evidencia de su eficiencia, dado que los monocultivos no han estado en sus densidades óptimas. Tombath (1974), en un resumen de 572 estudios de asociaciones independientes, encontró como promedio de los IET una distribución aproximadamente normal, lo cual indica que, desde el punto de vista práctico, la mayoría de los IET de las asociaciones alcanzan un valor igual a la unidad y, por tanto, económicamente aportan la misma producción que el monocultivo.

Las asociaciones más favorecidas económica mente son aquellas que se realizan donde los cultivos principales los constituyen frutales, como la máxima expresión de las potencialidades de explotación del suelo en policultivos sin competencia interespecífica, al menos en los períodos iniciales de crecimiento del frutal. Similares resultados se logran en sistemas agroforestales. Por otra parte, existen cultivos como la caña de

azúcar, el plátano, la yuca y la malanga, que durante el período inicial de su desarrollo no ocupan toda la superficie agrícola, tiempo que puede ser aprovechado según el cultivo, con una o varias siembras de plantas de ciclo muy corto (100 - 120 días), que son ubicados entre las hileras del cultivo principal.

La característica fundamental de estas asociaciones es que el cultivo principal debe mantener el rendimiento en condiciones de monocultivo y se obtiene una producción adicional para la alimentación humana y animal, cuyo aporte económico contribuye a sufragar los gastos incurridos en el establecimiento del cultivo principal. Leyva (1985) estudió la posibilidad de intercalar diferentes cultivos de ciclo corto en la caña de azúcar y comprobó que la soya, el frijol negro y el maíz (de porte bajo) sembrados entre dos hileras de caña de azúcar, en forma simultánea con el cultivo principal, no la afecta en sus rendimientos. Por otra parte, la experiencia de Pérez, 1990 y 1991, indican que estos objetivos pueden también ser logrados en condiciones de primer retoño, siempre que las siembras de los cultivos se hagan inmediatamente después de la realización de la cosecha de la caña planta.

Para que no se afecte el cultivo de la caña de azúcar (caña planta) Se deben cumplir tres premisas:

- Que las siembras de los cultivos de ciclo corto se hagan en forma simultánea con la caña de azúcar y no más allá de pasados 45 días de la plantación del cultivo principal.
- Que el intercalamiento se haga en plantaciones cuyas siembras se realizan en el período de crecimiento lento del cultivo principal.
- Que el número de surcos a intercalar no debe ser superior a uno, ya que a partir de su incremento, se corre el riesgo de afectar el cultivo principal.

De forma general se puede afirmar, que los cultivos de porte bajo como las hortalizas y los granos, son los más adecuados para ser intercalados en la caña de azúcar.

En este sentido, se podrían indicar numerosos ejemplos con otros cultivos, como principales de la asociación, donde se muestran las posibilidades de las asociaciones con menos riesgos de afectar al cultivo principal y mayor provecho de la superficie; pero en general en ellos se cumplen los mismos principios indicados en el ejemplo que se acaba de exponer.

En relación con el cultivo de la yuca, se han realizado estudios que evidencian la eficiencia del sistema. Leihner (1983) demostró la existencia

de un período de tiempo equivalente a tres meses, donde resulta posible intercalar otros cultivos de un ciclo inferior a este tiempo, sin interferencias por la luz; esto sin embargo, no se cumple para todas las variedades de yuca. En algunos clones de porte erecto y de ciclo superior a los 12 meses se inicia la defoliación a partir de los nueve meses, lo cual facilita el intercalamiento como cultivo de relevo. Este análisis evidencia con bastante claridad la eficiencia práctica del sistema.

En Cuba existen experiencias entre los campesinos en la utilización de esta práctica que no han sido científicamente avaladas. Las prácticas más comunes son yuca con tomate; yuca con frijol y yuca con maíz, pero en general los resultados obtenidos favorecen a las leguminosas, respecto a las gramíneas. Sin embargo, en dependencia de la densidad que se establezca (arreglo espacial) es posible utilizar gramíneas como el maíz, sin afectar el cultivo principal.

ASOCIACIONES PARA CONTRARRESTAR PLAGAS Y ENFERMEDADES

Es conocida la existencia de plantas aromáticas, capaces de emanar olores fuertes y repelentes que ahuyentan determinadas plagas, lo cual puede ser aprovechada para asociarlas a cultivos económicos, que sean susceptibles a dichas plagas, tal es el caso de la menta asociada al repollo, el ajo y la cebolla, en la lechuga y el tomate, según refiere. Álvarez Febles (1994).

En Cuba se ha probado la siembra de cucurbitáceas (Pepino) cercana al tomate, como planta trampa, para retener la afluencia de la mosca blanca (*Bemisia tabaci L.*) sobre el tomate. Suris *et al.*, (1995) comprobaron que la asociación boniato más maíz disminuye la población de tetuán (*Cylas formicarius L.*) en el boniato (camote), probablemente como consecuencia de la presencia de maíz, que de alguna manera debe ejercer algún efecto alelopático que limita la presencia de esta plaga o quizás haya atracción de las hormigas por parte del maíz y estas actúen directamente en la población del tetuán.

En este sentido se debe continuar trabajando, para lograr encontrar combinaciones de cultivos que faciliten la protección de cultivos principales y simultáneamente se logre obtener producciones adicionales, aunque no por ello sea esto último lo más importante, ya que los cultivos asociativos juegan en este caso funciones de contrarrestar plagas y enfermedades al cultivo principal, equivalentes a medidas de combate y no de obtener ganancias económicas por el acopio de frutos por parte de dichos cultivos asociativos (tabla 24)

Sistema Asociado	Plaga(s) regulada(s)	Referencias
Maíz-frijol terciopelo	<i>Meloidogyne spp.</i>	Cea y Fabregat, 1993

Boniato-maíz	<i>Cylas formicarius</i>	Suris <i>et al.</i> , 1995
Col-tagetes	<i>Bemisia tabaci</i>	Vázquez, 1995
Col-ajonjolí	<i>Brevicoryne brassicae</i>	
Melón-maíz	<i>Thrips palmi</i>	González <i>et al.</i> , 1997
Pepino-maíz		
Col-tomate-sorgo- ajonjolí	<i>Plutella xylostella</i>	Choubassi <i>et al.</i> , 1997
Maíz-calabaza-ajonjolí	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Serrano y Monzote, 1997
Maíz-calabaza-vigna		
Maíz-yuca-pepino		
Calabaza-maíz	<i>Diaphania hyalinata</i>	Castellanos <i>et al.</i> , 1997
Tomate-ajonjolí	<i>B. tabaci</i>	Vázquez <i>et al.</i> , 1997
Pepino-ajonjolí		
Fríjol-girasol	<i>Empoasca kraemerii</i>	Álvarez y Hernández, 1997
	Crisomélidos defoliadores	
Maíz-girasol	<i>Empoasca kraemerii</i>	Álvarez y Hernández, 1997
	<i>Crisomélidos defoliadores</i>	
Boniato-maíz	<i>Cylas formicarius</i>	Quintero <i>et al.</i> , 1997
Yuca-fríjol	<i>Erynnis ello</i>	Mojena, 1998
	<i>Lonchaea chalybea</i>	
Yuca-maíz	<i>E. ello</i>	Mojena, 1998
	<i>L. chalybea</i>	
Maíz-tomate	<i>Bemisia spp.</i>	Murguido ,1995, 1996
	<i>Liriomyza spp.</i>	León <i>et al.</i> , 1998
Maíz-fríjol	<i>B. tabaci</i>	Murguido, 1995, 1996
	<i>E. kraemerii</i>	Pérez, 1998
Yuca-maíz-fríjol	<i>Aphis spiraecola</i>	
	<i>S. frugiperda</i>	
	<i>É. ello</i>	Pérez, 1998
	<i>S. frugiperda</i>	
Papa-maíz	<i>Thrips palmi</i>	Vázquez <i>et al.</i> , 1997

Tabla 24. Asociaciones que regulan brotes de plagas de insectos (Pérez 2004)

En relación con la disminución de las arvenses a través del uso de cultivos económicos, existen muchos ejemplos de los cuales se deben destacar *Cyperus rotundus*, (coyolito o coyolillo) una especie de arvense muy agresiva que se establece en campos agrícolas donde se han utilizado con frecuencia herbicidas derivados de la urea y las triazinas simétricas. Esta arvense pasa de dominante a subordinada en presencia de la soya (Leyva, 1986). Por tal motivo, en superficies destinadas a cultivos específicos como las hortalizas, resulta aconsejable utilizar la soya en asociación o como precedente cultural.

ASOCIACIONES PARA EVITAR PERJUICIOS POR INFLUENCIA DEL MEDIO. También existen asociaciones que disminuyen perjuicios por la influencia del medio, como ocurre en superficies con problemas de sequía si al cultivo

principal se le asocia una leguminosa rastrera; tal es el caso de la cucaracha (*Zebrina péndula*) asociada al cultivo del cafeto.

Evaluación de sistemas de cultivos asociados

En la bibliografía internacional se recogen varios procedimientos matemáticos que posibilitan evaluar los sistemas asociados. En general las propuestas están encaminadas a conocer la superficie de suelo que se necesitaría para producir, lo obtenido con la asociación.

Una de las fórmulas planteadas para este cálculo es el índice equivalente del uso de la tierra (IET) y que según Leihner (1983) es asumida para calcular la eficiencia de las asociaciones.

En sentido general, este índice ha sido manejado por diferentes autores con algunas modificaciones, para expresar la eficiencia o no de la asociación, como es el caso del rendimiento relativo total (RRT), de forma tal que cuando RRT es menor que la unidad, la asociación resulta desventajosa.

El cálculo del IET para expresar las ventajas de los sistemas asociados respecto al monocultivo se calcula de la forma siguiente:

$$\text{IET} = \mathbf{Ix} + \mathbf{Iy} = \mathbf{Ax/Ay} + \mathbf{Mx/My}$$

Ix e Iy son los IET individuales de los cultivos que se suman para encontrar los IET del sistema.

Esto se calcula dividiendo el rendimiento del cultivo A en asociación (AX) entre el rendimiento en monocultivo (AY) y el rendimiento del cultivo M en asociación (MY) entre su rendimiento en monocultivo (My).

Según este análisis cuando el sistema se compone de tres cultivos, el IET del sistema se compone de tres IET individuales.

El IET representa el área relativa de tierra cultivada en monocultivo que se necesitaría para obtener la misma producción que en la asociación.

Hay autores que atribuyen desventajas al uso del IET como procedimiento matemático para evaluar la eficiencia del policultivo, por considerar que cuando se trata de cultivos con diferentes ciclos, se sobreestima la eficiencia en el uso del suelo al no considerarse u omitirse el factor tiempo; por ello, Hichsch y Mc Cillum (1987) propusieron el concepto ATER que toma en consideración el factor tiempo a saber:

$$\text{ATER} = \sum_{i=1}^n \left(t_i^M / t_i^I \right) \times \left(Y_i^I / Y_i^U \right)$$

donde t_i^M = Duración del cultivo i en monocultivo.

t_i^I = Duración total del sistema de intercalamiento.

Y_i^I = Rendimiento del cultivo i en intercalamiento.

Y_i^U = Rendimiento del cultivo i en monocultivo.

Ahora bien, al asumir el ATER se pueden subestimar las ventajas del intercalamiento al no incluir en el factor tiempo, el período de preparación de suelo entre cultivos o el período de tiempo en monocultivo del cultivo principal, una vez cosechado el de menor ciclo; por lo cual autores como Mason (1986) han propuesto la media de IET y ATER.

Balasubramnion y Sebayenaje (1990) propusieron el término AHER, con el cual se pretende mostrar una forma adecuada para obviar los inconvenientes que el análisis matemático induce al sistema de intercalamiento, según lo anteriormente analizado, sobre la base de considerar el número (n) de cultivos posibles en el sistema de policultivos superior a dos, tomando como premisa que cada componente tiene su monocultivo y que el rendimiento de cada uno de ellos en sucesivas producciones (N) será similar, dado un número de cosechas en números enteros, ya que la fracción en este caso no procede. De esta forma, cuando N es igual a 1, AHER es igual a LER.

Para calcular AHER se asume la siguiente expresión:

$$\text{AHER} = \sum_{i=1}^n Y_i^I / Y_i^U n_i$$

Así por ejemplo: un sistema de intercalamiento de tres cultivos (yuca, maíz y fríjol) de un tiempo de duración de 460, 120 y 80 días respectivamente y un rendimiento en monocultivo de 60.7; 0.72 y 0.80 t.ha y 54.3, 0.20 y 0.52 t.ha en policultivo respectivamente, permite observar de forma simplificada todas las propuestas analizadas.

1- IET = 1.82

2- ATER = 1.08

3- Media de IET + ATER = 1.45

4- AHER = 1.2

En las asociaciones de cultivos también se evalúa el grado de competencia entre los cultivos asociados, calculando la tasa de competencia (TC) cuya fórmula es la siguiente:

$$TC_x = [(\underline{A}_x / M_x) : (\underline{A}_y / M_y)] \times (E_y / E_x)$$

donde: A= Rendimiento de los cultivos (XY) en asociación.

M= Rendimiento de los cultivos (XY) en monocultivo.

E= Porción relativa de espacio ocupado por los cultivos Y y X en la asociación

El concepto Tc constituye un instrumento auxiliar útil para cuantificar la capacidad competitiva de los cultivos en asociación y desde el punto de vista práctico posibilita modificar los arreglos espaciales, buscando un mejor acercamiento al sistema que proporcione un grado de competitividad mayor o menor en función de los intereses del productor.

Así por ejemplo, en una asociación maíz +fríjol, sembrado el maíz a 160 cm x 15 cm y dos surcos de frijoles a 45 cm del surco de maíz (45/2) aportan rendimientos en asociación de 2. 400 kg./ha y 600 kg./ha de maíz y fríjol respectivamente, al evaluar cual de los cultivos es más competitivo, contándose con los rendimientos de ambos cultivos en monocultivos: 10. 000 Kg./ha y 1. 000 kg./ha respectivamente, donde el espacio total es de 160 cm, de los cuales corresponderán al fríjol 115 cm (es decir, 45 +25+ 45 cm), mientras que al maíz sólo corresponde 45 cm (es decir, 22.5 cm + 22.5 cm); por tanto, la relación es 4:1 a favor del fríjol. Así aplicando la fórmula se tendrá:

$$TC \text{ Maíz} = [2. 400/10.000 : 0.600/ 1.000] \times 4/1$$

$$TC \text{ Maíz} = (0.24 : 0.60) 4$$

$$TC \text{ Maíz} = 1.6$$

El cálculo del TC del fríjol será por lógica el que resulta de sustituir (en la ecuación anterior) el valor de X (maíz) por el de Y (fríjol), es decir:

$$TC \text{ Frijol} = (0.60: 0.24) X 1/4$$

$$TC \text{ Frijol} = 2.5/4 = 0.6$$

El resultado demuestra que para el arreglo espacial utilizado, el fríjol resultó menos competitivo que el maíz, en aproximadamente 2.5 veces. Si al productor le interesa una menor competitividad del fríjol lo puede solucionar proporcionando menor espacio para el maíz en el sistema.

Independientemente del grado de aceptación o no de los términos propuestos, hay que considerar que el aspecto quizás más importante del sistema, no es medible en términos de rendimientos, ni siquiera en

producción de biomasa total, sino que es un concepto más complejo, que va desde la protección del suelo y ahorro de recursos, hasta la conservación de un mejor equilibrio ecológico de la asociación propiamente analizada en el entorno en que se enmarca el predio o finca del productor.

Los policultivos en Cuba

Según el célebre arqueólogo Harrington (Monteagudo, 1930), a la llegada de Colón a Cuba, existían dos civilizaciones: una inferior los Siboneyes y una superior los Taínos; estos últimos (actualmente reconocidos como descendientes de los Arawakos, según Sower, 1966) por ser los más desarrollados, construían sus casas en lugares confortables, lejos de las costas, favorables para la siembra de maíz (*Zea mays*) y la yuca (*Manihot esculenta*) cuyos cultivos constituyan la base de su alimentación en forma directa o industrializada artesanalmente, unida a otras fuentes alimenticias procedentes de la pesca y la caza. A estas producciones agrícolas se suman algunas leguminosas, que eran producidas junto a la calabaza (*Cucurbita pepo*) asociada en la misma superficie de suelo o en monocultivo.

Nuevas especies alimenticias se fueron introduciendo paulatinamente, entre las cuales figuran la caña de azúcar, que llega a Cuba 24 años después del “descubrimiento” y que por encontrar dicho cultivo condiciones excepcionales para su crecimiento, desarrollo y maduración, se extendió por todo el país hasta convertirse en poco tiempo, en la principal fuente económica proveniente de la agricultura.

Todo parece indicar, que los primeros policultivos en Cuba se realizaron en el cultivo del cafeto. En el curso de los años de 1800-1833, medio siglo después de ser introducida la caficultura en Cuba, este cultivo alcanzó un elevado nivel de desarrollo en varias partes de la isla, como resultado de la Revolución haitiana y la emigración al país de más de 10 mil franceses con mejor técnica y experiencia y cuyas producciones la establecieron siempre en condiciones de policultivo en presencia de árboles frutales y maderables, los cuales además del aporte económico de la biodiversidad, servían como reguladores de la luz y la temperatura como elementos determinantes en la elevación de los rendimientos del cultivo principal.

Esta forma generalizada de producir café en la mayoría de los países productores de este aromático grano, constituye probablemente la expresión más terminada del policultivo de Cuba.

Desde el punto de vista científico-técnico, el dato que precisa con mayor claridad el inicio del policultivo en Cuba se remonta al año 1862, cuando el

célebre cubano Álvaro Reynoso en su libro "Ensayo sobre la caña de azúcar" recomienda la siembra del fríjol negro entre las hileras de la caña de azúcar y enfatiza el inconveniente de usar el maíz, por ser también una "gramínea", que destruye la fertilidad del suelo. En la actualidad se trabaja por lograr introducir a la práctica productiva los policultivos más eficientes integralmente, de acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación científica, a saber:

- Asociación caña de azúcar-leguminosas con ciclo inferior a los cuatro meses (Leyva, 1985 y Creach, 1993)
- Asociación maíz - leguminosas con énfasis en frijol de color negro (*Phaseolus vulgaris*) experiencia del saber campesino.
- Asociación maíz - boniato (*Ipomea batata*) (Leyva, 1994; Quintero, 1998)
- Asociación maíz-tomate, (Pino, 2001, León 2002 y Terry, 2005)
- Asociación Yuca-fríjol o maíz y/ o Tomate (Mojena *et al.*, 1998, Hernández, 1999).
- Plátano – leguminosas, girasol, boniato y hortalizas (experiencias campesinas)
- Asociación Yuca – fríjol o maíz, Tomate o ambos (Mojena ,1998; Hernández, 1999)

Consideraciones finales

Hasta aquí ha sido planteada la problemática de los policultivos o cultivos asociados y su factibilidad de aplicación en los agroecosistemas de producción sostenible. La primera gran conclusión a que se arriba, es que una conducción correcta en la asociación de los cultivos repercute siempre a favor del agroecosistema y por tanto del productor, ya que dicho sistema

les brinda estabilidad ecológica, económica, energética e incremento en la productividad del trabajo. Sin embargo, el aspecto de mayor preocupación debe estar dirigido a las investigaciones futuras, en cuanto al papel que deben jugar los nuevos estudios, en virtud de lograr una mayor humanización de la labor agrícola de los policultivos al alcance del pequeño productor.

La tecnología de los policultivos no está aún refinada como ocurre en el monocultivo, por la juventud de su existencia en manos de la ciencia moderna. Debe tenerse especial cuidado de no someter esta tecnología a valoraciones matemáticas por encima del análisis biológico. Las diferencias significativas en el policultivo no cuentan si el análisis se hace particularizando indicadores.

Los requerimientos nutricionales e hídricos de la asociación respecto a dichos cultivos separados deben ser investigados, sobre todo se necesita confirmar si existe o no facilitación en la transferencia de nutrientes al asociar poáceas con leguminosas.

Todo parece indicar, que el gran reto del hombre actual y del futuro está en perfeccionar la mecanización agrícola, hasta donde sea posible humanizar el trabajo directo del hombre, sin sustituirlo, sobre la base de la preservación de las técnicas conservacionistas de la civilización humana, enriqueciendo y acelerando los procesos orgánicos, que beneficien el incremento de los rendimientos de las cultivos que se desarrolleen en los sistemas, sobre la base de la interrelación entre el suelo, las plantas, el clima y los animales, como principio fundamental de la sostenibilidad preservando el medio ambiente.

“La tecnología de los policultivos triunfará, aunque no como un elemento de oposición al monocultivo, sino como una fuerza de equilibrio necesaria en la lucha por el espacio en el tiempo. Tal hecho ocurrirá cuando el hombre lo necesite, entonces logrará conocerlos y utilizarlos no solo como una necesidad económica sino también, ecológica y social.”

No	Cultivo	Beneficia	Perjudica
1	Berenjena	Habichuela, judías, caléndulas	
2	Calabaza	Habichuela, maíz	Plátano, pimentón, ajíes
3	Cebolla	Tomate, lechuga, manzanilla	Habichuela
4	Habichuela	Maíz, repollo, pepinillo, zanahoria, Berenjena, yantía, Yuca, cítricos,	Ajo, cebolla, piña, jengibre

		papaya, rabanito	
5	Lechuga	Rabanito, zanahoria, pepinillo, pimiento	
6	Ajo	Remolacha, lechuga, tomate	Judía, guisante
7	Espárrago	Tomate, perejil, manzano, perales	
8	Acelgas		Puerros
9	Zanahoria	Lechugas, rábano, guisantes, cebolla, puerros, perifollo	
10	Apio	Puerro, tomate, col, coliflor, lombarda	
11	Col	Papa, apio, remolacha, cebolla, cáñamo	Tomate, fresa
12	Papa	Judía, maíz, col, habas, berenjenas, Quimbombó	Pepino, calabaza, guisante
13	Rábano	Guisantes, lechuga, zanahoria, berro, menta, habichuela	Papa
14	Tomate	Cebolla, espárrago, zanahoria, perejil, coles, albahaca, maíz, quimbombó, lechuga	Papa, colinabo, judía, hinojo
15	Maíz	Boniato, pepino, calabaza, Frijoles, soya, maíz	Leguminosas de crecimiento Indeterminado y cereales
16	Boniato	Maíz, calabaza	
17	Yuca	Leguminosa de crecimiento determinado jengibre, pepinillo, melón, aguacate, Cítrico, piña	Maíz (ciclo largo), papaya
18	Sorgo	Lechuga, zanahoria	Maíz
19	Girasol	Pepino, habichuela	Cucurbitáceas
20	Pepino	lechuga	Quimbombó
21	Plátano	Habichuela, yuca, maíz	Calabaza, pimiento Ají

Tabla 25. Asociaciones de Cultivos Beneficiosas y Perjudiciales (Según Álvarez Febles, 1994 y Billapart Vilá, 1988).

Bibliografía

Altieri, M. A., (1987). Agroecology, the scientific basic of alternative agriculture. Westview Press, Boulder

Altieri M. A. (1992). El rol ecológico de la biodiversidad en la agricultura p.21-28. En: Biodiversidad, Agroecología y manejo de plagas. Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo CETALED

Altieri M. A. (1996). Curso Internacional sobre Agricultura Orgánica Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana. (ISCAH), La Habana, Cuba.

Álvarez Febles, N. (1994). LA TIERRA VIVA. Manual de Agricultura Instituto de Educación Ambiental de la Universidad Metropolitana. Puerto Rico, 128 p.

Andrews, D. J. y Cassam, A. H. (1979). Importance of multiple Cropping increasing wold .food suplies. En: Multiple Cropping, ASA special publication Nº 27 Americ. Soc. Agron. Madison. Wisconsin. 1- 10

Balasubramnion Y Sekayenaje, (1990) Cita de Sarkar A.; B. N. Chaherjee, (1995) Loyal Book Depot. College Road, Heerut P. H. 943378. Published by Engle Books International Bc Dazar Meerut. 213 p.

Beltrán, L. y Leyva, A. (1997). Estudio del potencial alelopático del Girasol (*Helianthus annus*) sobre diferentes cultivos económicos en sistemas de policultivos. III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica (ACAO) Universidad Central de las Villas, Villa clara, Cuba. Resúmenes, p 38.

Billapart Vila, C. (1988). Agricultura Biológica en equilibrio con la Agricultura química. Editorial AEDOS., S.A. Barcelona, 175 p.

Calzadilla, E. (1986). Los Sistemas Agroforestales en la República de Cuba. CIDA, La Habana, 36 p.

Creach, I. (1993). Rotación e intercalamiento de cultivos económicos de ciclo corto en la caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Tesis en Opción al Grado de Dr. en Ciencias Agrícolas. 95 p. EPICA Palma Soriano, Santiago de Cuba.

Diehl, R. J. M.; Mateo, Box (1982). Fitotecnia General. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid-1 España p. 393- 506.

Fher W. R. y Cavine, C. E. (1977). Stages of soybean development. Iowa. Agric. Exper. Stat. Special Report 80, p. 1-12.

García, M. (1997). Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes, en cultivos económicos, desarrollados sobre suelo Ferralítico rojo. Tesis en Opción al Grado de Dr. en Ciencias Agrícolas III Encuentro Nacional ACAO. Resúmenes, Univ. Central Las Villas, Pág. 1 y 2 Cuba

Hechavarría, N. (1990). Experiencia práctica en el cultivo de la soya (*Glycine max*) en áreas dedicadas a la producción de pastos. (Comunicación personal). Archivo de la UBPC de Aguacate, La Habana.

Hernández, A. (1998). Evaluación de genotipos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en un sistema policultural. Tesis de Master en agroecología y agricultura sostenible. ISCAH. CEAS. La Habana. 65 p.

Herrera, R. S.; Monzote, M. y Hernández, Y. (1987). Contribución al estudio de indicadores agronómicos y de la calidad de la asociación Glycine- Bermuda.

Hiebsch, H. y MC. Collum (1987). Cita de Sarcar A.; B. N. Chatterjec, (1995) Engle Books International Bc Dazar Meerut. CANTT, India. 213 p.

King, N. (1968). Manual para el cultivo de la caña de azúcar. Ed. Revolucionaria., La Habana p. 125

Leihner, D. (1983). Yuca en cultivos asociados. Manejo y evaluación. Centro Internacional de la Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia, 80 p.

Leyva, A. (1985). Resúmenes de los principales resultados obtenidos en el intercalamiento del cultivo de la soya y otros cultivos de ciclo corto en la caña de azúcar. MINAZ, La Habana, Cuba. 12 p.

Leyva, A. (1986). Rotación e Intercalamiento en superficie dedicada a la caña de azúcar en monocultivo. Tesis en Opción al Grado de Dr. en Ciencias Agrícolas. (En alemán). Univ. Leipzig, Alemania. 100 p.

Leyva, A (1994) Resultados de 11 sistemas de rotación, en cultivos de ciclo corto, donde la papa constituye el cultivo principal. Informe de Proyecto MINAGRI, (INCA) La Habana Cuba, 74 p.

Mojena, M. (1998). Arreglos espaciales y cultivos asociados en yuca. Modificaciones de algunas variables del agroecosistema y su influencia en los rendimientos totales. En: Resumen de Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas UNAH. La Habana. 30 p.

Monteagudo, H. (1930). Principios de Agricultura. Segunda Edición Modificada, Imprenta y Librería La Propagandista. La Habana. P. 376-397

Monzote, M. (1986). Comparación de sistemas de alimentación basados en gramíneas puras o asociada con leguminosas, para la producción de carne. II Comportamiento de los animales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola Tomo 20 Nº 1. La Habana

Pérez, L. (1991). El laboreo mínimo en la rotación e intercalamiento de la soya y el frijol en caña de azúcar. Tesis en opción al Grado de Dr. en Ciencias Agrícolas. MINAZ. INICA, La Habana. 98 p.

Pino, M. A. (2001). Modificación de la productividad del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) fuera del período óptimo utilizando al maíz como sombra natural. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana. 100 p.

Sistach, M. y Barrientos, A. (1993). Efectos de diferentes cultivos intercalados en el establecimiento de Guinea (*Panicum maximum* Jacq) .Revista Cubana de Ciencia Agrícola Vol. 27 Nº 1, 33 p. La Habana

Sower Carl, O. (1966). The Early Spanish main. Berkely; U. C. Berkeley Press. Westview Press. 5500 Central Avenue Boulder, Colorado 80301. USA. 199 p.

Suris, Moraima; L. Plana; María de los A. Martínez; M. Fernández; Y. Hernández; E. Quintana (1995). Evaluación entomológica de 11 sistemas de rotación de cultivos de ciclo corto para la papa. II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. La Habana. Programas y Resúmenes. pág. 65.

Vandermeer, J. (1995). Los policultivos. La teoría y evidencia de su facilitación. Departament of Biology University of Michigan. Ann. Arbor, Michigan 48109, EUA.

LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

Ing. Marta M. Jiménez Águila y Dr.C Ángel Leyva Galán



Foto 1. Sistema de cultivo en ladera, Sierra Maestra, Cuba

Introducción

Una de las causas fundamentales del deterioro medioambiental es motivado por la destrucción de los bosques tropicales que según (Huguet, 1982) en la década del ochenta se incrementó en una cifra de 11.3 millones de ha/año, mientras que en los años 90 del siglo XX llegó a alcanzar los 17 millones de ha/año. Estas realidades contribuyen a las afectaciones que se producen en los suelos por la erosión y la salinización; por lo que se puede asegurar que el equilibrio ecológico de la tierra, se ve amenazado por estos y otros problemas globales existentes, como el efecto invernadero y los cambios climáticos.

Por otra parte el crecimiento acelerado de la población y el incremento de la industrialización, han provocado una gran disminución del percápita de tierra cultivable. Tal problema ha llevado al hombre a la búsqueda de soluciones, en lo fundamental para los países subtropicales y tropicales, basadas en variantes de aplicación de diferentes técnicas donde se integren las actividades agrícolas, ganaderas y forestales de manera que se haga un uso más racional de los suelos. Para lograrlo, uno de los métodos que mayor contribución pueden hacer a estos propósitos, son los llamados

sistemas agroforestales, sobre los cuales se harán algunas reflexiones, fundamentalmente en base a la experiencia de su desarrollo en Cuba.

Los sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales se definen como un conjunto de técnicas para el aprovechamiento del suelo, en los cuales las especies leñosas (árboles, arbustos, palmas bambú) son utilizadas en acción deliberada con cultivos agrícolas, animales o ambos, en la misma unidad de gestión, de manera simultánea, en una recurrencia temporal o permanente o ambos; considerando la biodiversidad y respetando el principio de rendimiento sostenido. Por tanto, en los sistemas agroforestales existen interacciones ecológicas y económicas. (Combe Y Budoski, 1979).

En el contexto actual en que se acomete la promoción de todas aquellas tecnologías que tienden hacia el desarrollo de una agricultura sostenible, la interacción conjunta de plantas como elementos estabilizadores de la ecología, pueden contribuir a alcanzar los objetivos que se persiguen hoy en los sistemas agroforestales, con un efecto beneficioso imprescindible para la economía, la ecología y la sociedad. Primavesi (1990) asegura que donde no existen bosques los suelos son mal cultivados, el calentamiento del aire es grande y su ascenso violento; esta masa de aire caliente hace que las nubes pasen sobre ella sin poder descender y precipitarse. Con una vegetación abundante, además de protegerse los grumos del impacto destructor de las gotas de lluvia, debido al efecto termostato que se produce por la transpiración al absorberse el calor del aire al evaporarse el agua, el aire es menos caliente y las nubes al pasar sobre esta área, precipitan, por tanto, donde no hay árboles las nubes necesitan ser muy pesadas para que produzcan lluvia y el grado de humedad del suelo es muy importante. A partir de este análisis se puede hacer una valoración de carácter científico, de la importancia de los sistemas agroforestales en el desarrollo de una agricultura ecológica.

Los sistemas agroforestales entonces, constituyen alternativas viables para el escenario rural, especialmente montañoso, con vistas a satisfacer las necesidades elementales de alimentación y condiciones de vida de la población de forma sostenida en disímiles formas de adopción, según las características naturales que el medio geográfico le ofrezca al hombre. De ellos se obtienen alimentos y otros beneficios directos de carácter social; por ello, los sistemas agroforestales continuarán en aumento acelerado en los tiempos venideros, pero siempre que se practiquen técnicas correctas en los cultivos agrícolas y forestales, en el manejo de la masa animal y conservación de suelo (Renda *et al.*, 1997).

Sin embargo, los sistemas agroforestales son poco utilizados por los productores de la región tropical, la tendencia ha sido la de producir pasto para el ganado, eliminando los árboles maderables y en su lugar se establecen cercas de alambre con postes de concreto pintados en blanco y rojo, símbolo de dinero y progreso. Esta cultura foránea de producción ganadera, también es el resultado de la globalización internacional, que se presenta con el esquema de los países desarrollados. Por ello, no se puede perder la esperanza de que esa cultura consumista y deteriorante del medio ambiente se pueda corregir, a partir de la creación de la propia cultura del trópico de producción integrada en sistemas biodiversificados.

Situación internacional

A pesar de que la tendencia en el trópico ha sido la tumba y quema del bosque para el aprovechamiento agrícola de los suelos y finalmente cuando se ha agotado su fertilidad natural se establece el pasto en monocultivo, en diversas regiones del mundo y en particular en América Latina se han practicado de manera espontánea y desde hace muchos años, combinaciones de especies forestales con cultivos agrícolas en policultivos dentro de los cuales se destacan las combinaciones de árboles con café o cacao así como pastizales arbolados.

El sistema Taungya (cultivos agrícolas intercalados con árboles forestales) originado en Birmania a finales del siglo pasado, y cuya principal finalidad era disminuir los costos de las plantaciones (King, 1976), constituyó un paso ascendente en el perfeccionamiento de las técnicas agroforestales. Sin embargo, es en las últimas tres a cuatro décadas del pasado siglo cuando se producen investigaciones sobre una base científica, que han permitido el desarrollo integral de los sistemas agroforestales.

En la actualidad en varios países de Centro América así como en la zona de la Amazonía Suramericana, se acometen proyectos de desarrollo rural que tienen como base la aplicación de Sistemas Agroforestales con la finalidad de hacer uso integral de los recursos naturales, intentando dar solución a los problemas originados por la disminución progresiva de las tierras cultivables y por la invasión que sufren las de vocación forestal a causa de una agricultura irracional.

En el África occidental y central la agricultura migratoria es una práctica ancestral que entraña la constante destrucción de la superficie boscosas seguidas por la siembra de cultivos agrícolas y puede considerarse el

principio rudimentario de las técnicas agrosilvícolas (Caundry y Salim, 1980).

Del análisis hecho se infiere, la inexistencia de una cultura agroforestal integral entre los productores, que se manifiesta con variantes más o menos acomodadas al estado particular de cada región o agroecosistema, sin tener en cuenta los efectos de cada tecnología sobre el cuidado de los recursos naturales. Particularmente la franja tropical donde se alberga la mayor biodiversidad terrestre, se encuentra seriamente amenazada por el irracional estilo del hombre de los países desarrollados, con la irracional explotación de la madera existente en la superficie del suelo, y el codiciado petróleo presente sólo en el subsuelo, mientras el hombre de los países subdesarrollados lo imitan en el intenta de aprovechar para el sustento, la poca fertilidad que durante milenios ha logrado acumularse, gracias al aporte hecho por los copiosos árboles que el bosque tropical genera.

Situación de Cuba

A la llegada de los conquistadores a Cuba en 1492 la isla estaba casi cubierta de bosques de diferentes tipos, alturas y densidades. Se calcula que su cubrimiento fluctuaba entre 88 y 92%; el resto lo ocupaban diferentes tipo de vegetación, ya fueran con características de costas rocosas y de playas arenosas, o de vegetación de gramíneas con árboles dispersos, que en sentido amplio, son conocidas como “sabanas” las que reunidas cubrían entre 4 y 7 % del territorio. (Del Risco, 1995).

La introducción del cultivo de la caña de azúcar al país y su posterior desarrollo industrial, constituyó el principal enemigo de los bosques cubanos; el deterioro alcanzó un nivel tal que en 1959, sólo el 14% del territorio era boscoso. Sin embargo, a raíz de los cambios sociopolíticos ocurridos en Cuba a inicio de la sexta década del siglo XX, se modifica la política forestal impuesta durante siglos. Un ambicioso plan de reforestación se puso en marcha, llegándose a alcanzar un saldo positivo hasta cubrir el 18 % del territorio nacional al concluir la década del ochenta del pasado siglo. Actualmente se acerca al 22 %, mientras se aspira alcanzar un 28% para el año 2 015 (Alonso, 2001). Estos propósitos simultáneamente conspiran contra la disponibilidades de superficie agrícola, por lo que el fomento de los sistemas agroforestales constituyen una premisa de gran valor para atenuar estos inconvenientes. Pero la composición, características y distribución de los bosques está determinada por la interacción de los diferentes factores ambientales, biológicos e históricos, aunque nunca ninguno de ellos actúa aisladamente, en tal sentido se puede afirmar que los factores más importantes son los

climáticos y los edáficos; por ello en Cuba tradicionalmente se han practicado asociaciones de especies forestales con cultivos perennes como el café, cacao y en huertos familiares de pequeños agricultores; también se han establecido combinaciones de árboles frutales con hortalizas, plantas ricas en carbohidratos y árboles forestales. Además se observa con frecuencia en áreas de pastizales, árboles de valor maderable como la caoba antillana (*Swietenia mahogani*), el Cedro criollo (*Cedrela odorata*), Baría (*Cordia gerascanthus*) Algarrobo (*Samanea saman*) o frutales como: mango (*Mangifera indica*), Aguacate (*Persea americana*) y guayaba (*Psidium guajava*), entre otros.

En la región más oriental de Cuba, es decir, Baracoa, los campesinos han practicado una agricultura con producción diversificada, estableciendo en sus pequeñas fincas cultivos temporales, anuales y perennes, frutales y árboles forestales que multiplican sus ingresos y ofrecen a la vez beneficios al ambiente. En esta zona se encuentran asociaciones de *Pinus cubensis* con plátano (*Musa spp*) y ñame (*Dioscorea alata*), lográndose rendimientos de 15 ton /ha y 4 ton /ha en los cultivos agrícolas respectivos, los que aumentaron el potencial alimentario de la población (Orquin y col., 1988).

AÑOS	SUPERFICIE BOSCOSA (%)	SUPERFICIE (HA)
1492	93-96	10 636 336
1592	88-92	10 193 156
1772	83,0	9 196 326
1827	67,7	7 507 814
1900	41,0	4 547 875
1926	20,1	2 242 166
1958	16,3	1 817 234
1990	18.0	2 006 503
2000	21.0	2 402 900
2001	21.6	2 471 554

Tabla 26, Variación del paisaje cubano respecto a las áreas boscosas

(Alonso, 2001)

Sin embargo, es a partir de 1981, con la ejecución del proyecto conjunto con la FAO denominado "Desarrollo de Sistemas Estables Agrosilvopastoriles en la Sierra Maestra" comienzan las investigaciones agroforestales en Cuba, con el establecimiento de parcelas experimentales con diferentes diseños elaborados y adaptados a las distintas condiciones edafoclimáticas de este sistema montañoso (Rodríguez, 1981).

El objetivo primordial de estas investigaciones fue definir alternativas que contribuyeran al desarrollo socioeconómico de las comunidades locales, al mejoramiento de la calidad de vida de la población y a la recuperación y conservación de los recursos naturales y el ambiente. En la región de Viñales, Pinar del Río, investigaciones agrosilvícolas se han realizado como alternativa de uso múltiple y racional del suelo para la producción agrícola y forestal sostenible utilizando el intercalamiento del cultivo de piña (*Annanas comosus*) en plantaciones de pino (*Pinus caribaea*). Asimismo, en la región de Yateras de la parte oriental del país, se ha aplicado el sistema agroforestal secuencial (método Taungya), sembrando simultáneamente entre hileras de pino (*Pinus spp*) los cultivos de Yuca (*Manihot sculenta*) y fríjol (*Phaseolus spp*) sin observarse afectación alguna al término de la investigación (Sigler y Pacheco, 1988).

Después de haberse estudiado durante 10 años el comportamiento, adaptabilidad, estabilidad y rentabilidad de los Sistemas Agroforestales como alternativa para la producción diversificada, experimentada en las distintas parcelas establecidas en las diferentes provincias, ha sido posible elaborar hoy día una tecnología para su aplicación como generalización tanto para el llano como para la montaña con un mínimo de costos. Además, estas técnicas son consideradas como método para el uso y manejo de los suelos dentro de los proyectos de reforestación y en los de Ordenamiento y Manejo Integrado de las Cuencas Hidrográficas de los ríos y embalses de Cuba.

A partir de haberse aplicado los Sistemas Agroforestales en los diferentes escenarios agrarios del país, desde 1981 hasta la fecha se han difundido los resultados alcanzados en las siguientes modalidades:

- Curso de capacitación de postgrado teórico-práctico con carácter nacional e internacional para ingenieros, técnicos y maestrantes de Empresas y Universidades respectivamente;
- Extensionismo y asesoría técnica nacional e internacional;
- Conferencias, Talleres, Simposios y en otros Eventos Nacionales e Internacionales;
- Publicación de artículos científicos en revistas nacionales e internacionales (Guías de estudio, Folletos, Libros);
- Videos y medios audiovisuales sobre los temas: Sistemas Agroforestales en Cuba y Cuencas Hidrográficas, Cercas Vivas, Manejo Ambiental de Cuencas, Fincas Forestales Integrales, entre otros;
- Instructivos Técnicos, Metodología, Tecnología sobre la Aplicación de Sistemas Agrosilvopastoriles y Silvopastoriles en la Premontaña.

Se trabaja actualmente en la generalización de diferentes tecnologías dentro del concepto de la agricultura sostenible, entre los que se encuentran: (i) el uso racional del suelo, (ii) el ordenamiento territorial y (iii) el manejo de los recursos naturales, dentro de los cuales se prioriza el agua y el suelo.

Para aprovechar plenamente las posibilidades del sector forestal en la solución de acusantes problemas que plantea el desarrollo rural, deben tenerse en cuenta las funciones complementarias de la silvicultura y la agricultura y sólo adoptándose este enfoque, el sector forestal aporta su legítima contribución a la seguridad alimentaria y a la calidad de vida de la población. Árboles y arbustos agrupados contribuirán a mantener la calidad del suelo a conservar la humedad y a establecer un hábitat para la flora y la fauna.

Los riesgos de erosión disminuyen al aumentar la protección del suelo por la vegetación natural y al disminuir el movimiento de tierra de uso agrícola en grandes extensiones. La aplicación de Sistemas de Producción Integrados Agroecológicos, Sistemas Agroforestales o ambos, constituye una vía para obtener una producción agrícola, ganadera forestal sostenible, además de proporcionar la conservación del suelo, del equilibrio ecológico y desarrollo socioeconómico principalmente en zonas premontañosas. La conciliación armónica de las actividades forestales, agrícolas y ganaderas sobre la base de un ordenamiento territorial, define el adecuado uso múltiple y racional de los suelos según las características de los mismos en los diferentes ecosistemas sin afectar el medio.

Zonas montañosas de Cuba

La Sierra Maestra es considerada como la zona montañosa de topografía más irregular y extensa de Cuba, con una extensión de aproximadamente 5 320 km² habitada por más de 150 000 habitantes y abarca las provincias de Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo.

El objetivo fue el de seleccionar y establecer áreas de demostración e investigación con Sistemas Agroforestales que proporcionaran información a corto plazo de las frágiles zonas de la Sierra Maestra y que posibilitaran la participación activa de la comunidad campesina pobladoras de las mismas.

El proyecto "*Desarrollo de Sistemas Estables Agrosilvopastoriles en la Sierra Maestra*" contempló los siguientes objetivos:

- Demostrar que con actividades agrosilvícolas, silvopastoriles y agrosilvopastoriles se podían lograr beneficios multidimensionales en los ecosistemas sin restarle permanencia o desarrollo a la Sierra Maestra.
- Brindar alternativas a los ecosistemas cultivados bajo prácticas racionales de pastoreo o ambas que definan una integración biológica en el tiempo y el espacio.

Para lograr dichos objetivos fueron establecidas varias parcelas de investigación en las condiciones de la premontaña (hasta 500 msnm.) de la Sierra Maestra, provincia Granma, cuya finalidad era obtener rendimientos sostenidos agrícolas, ganaderos y forestales, conservar los suelos minimizar la erosión, recuperar el equilibrio ecológico y restablecer el patrimonio forestal con beneficios cada vez mayores para la población rural.

En la Sierra Maestra se comprobó que los Sistemas Agroforestales son técnicas apropiadas y positivas para el manejo de los recursos naturales en ecosistemas montañosos pues brinda beneficios multidimensionales para la población rural sin menoscabo de los mismos.

El conocimiento en cada zona de las condiciones edafológicas, fisiográficas y agrosilviculturales, uso de la tierra, costumbres alimentarias, organización y distribución de la población y otros estudios e informaciones básicas, permitieron seleccionar los cultivos agrícolas y especies forestales de mayor perspectivas estableciéndose los mismos adecuadamente según sus exigencias. De esta forma se proporcionó un modelo de organización territorial que define el uso múltiple y racional de los suelos y las técnicas específicas a aplicar dentro de las categorías existentes de los Sistemas Agroforestales.

Los rendimientos agrícolas obtenidos en cada parcela se lograron sin el uso de fertilizantes minerales, riegos, ni plaguicidas. Se realizó la selección de la semilla, rotaciones y manejo adecuado de los cultivos, así como el registro sistemático de las precipitaciones ocurridas y su distribución durante el experimento, las que fueron comparadas con la media histórica de precipitaciones de la zona; lo cual permitió utilizar las épocas más favorables para la siembra de los cultivos agrícolas y forestales y mantener la sostenibilidad del sistema. Los rendimientos alcanzados en la producción de raíces y tubérculos; vegetales, granos y frutales fueron aceptables, pues sobrepasaron a los estimados para las condiciones de la montaña (tabla 27) Según Jiménez los rendimientos están expresados sobre la base del volumen total de producción de biomasa fresca y se destaca con mejor comportamiento durante el período los cultivos de Pepino, Pimiento y

Cítrico (Lima persa). En una superficie de 2,6 ha (en La Caoba) con pasto natural de hierba de Guinea y bajo plantación forestal de *Swietenia macrophylla*, *Khaya senegalensis* y *Khaya nyasica* de 5-7 años de edad, se pastoreó racionalmente ganado ovino (hembra) de la raza criolla "Pelibuey" obteniéndose una producción media de carne de 130 kg/ha en un período de 6 meses con un incremento diario de 70 g de peso y una carga de 11 animales/ha; teniendo en cuenta que la alimentación se basó solamente en pasto de Hierba de Guinea

El incremento en peso alcanzado bajo este sistema silvopastoril se consideró bueno pues el obtenido en condiciones llanas y con pienso suplementario fue de 90 g diarios. Dicho pastoreo se realizó en tres ciclos (18 meses) de forma temporal, hasta que el desarrollo de las copas de los árboles lo permitieron. Finalmente la valoración del crecimiento y desarrollo de los árboles sin afectación de los animales resultó positiva. Una segunda variante fue aplicada en El Corojito, donde se escogió un área de 28 ha de las cuales 12 ha se dedicaron al pastoreo intensivo rotacional y 14,2 ha, al establecimiento de una faja forestal periférica quedando establecido un Silvopastoreo con ganado vacuno de Ceba en desarrollo de la raza mestiza Cebú con una carga de 1,7 animales/h La producción alcanzada en el 1er ciclo fue de 676 g/día/animal y en el 2do ciclo de 791 g/día/animal considerándose las mismas de positivas al ser comparadas con las obtenidas en el llano. La ganancia media en peso terminado el 3er ciclo fue de 601 g/animal/día. (Calzadilla 1990); por encontrarse en una misma unidad de manejo ambos componentes y árboles y animales recibieron atención simultánea, desarrollándose la faja forestal satisfactoriamente. Este sistema silvopastoril como alternativa para el uso y manejo de la tierra resultó ser positivo para las condiciones de la premontaña de la Sierra y propuesta luego a la fase de extensión en otras zonas.

Como se aprecia en la tabla 27; (Período 1981-1990 (Fuente: Rodríguez, 1981) en las áreas estudiadas, además de los cultivos agrícolas, del componente animal, y medidas de conservación de suelos aplicados en el agroecosistema el principal componente que interviene dentro del mismo, es el forestal, donde diferentes especies de árboles maderables, forrajeras, para combustible o ambas se establecen para formar un bosque poliespecífico que restituye el patrimonio forestal y con ello el restablecimiento del equilibrio ecológico.

Lugar	Especies forestales	Cultivos agrícolas anuales/perennes	Ganadería	Tipo de pastos	Medidas de conservación de Suelos.
El Corojito Agrosilvopastoreo a 5 km. de Guisa Granma Semicaducifolio sobre suelo calizo. Suelo Pardos sin Carbonatos Típico sobre rocas ígneas	<i>Swietenia macrophylla</i> <i>Cordia gerascanthus</i> . <i>Leucaena leucocephala</i> <i>Cedrela odorata</i> . <i>Gliricidia Sepium</i> . <i>Samanea saman</i> . <i>Lysiloma latisiliqua</i> . <i>Colubrina arborescens</i> . <i>Caesalpinea violacea</i> .	<i>Phaseolus Sp. Frijol.</i> <i>Allium cepa</i> <i>Lycopersicum esculentum</i> . <i>Capsicum annuum</i> . <i>Zea mays</i> . <i>Manihot Esculenta</i> . <i>Cucumis sativus</i> . <i>Cucurbita pepo</i> . <i>Ipomoea batata</i> .	Vacuno Cebú de ceba	Hierba de guinea	Corrección Cárcavas. Terrazas De banco. Terraza individual. Plantación a tres bolillo. Plantación en fajas Laboreo Mínimo.
“La Guásima Agrosilvícola. Est. Exp. Ftal. Guisa Guisa Granma Semicaducifolio sobre suelo calizo, suelos húmicos carbonáticos	<i>Swietenia macrophylla</i> <i>Cordia gerascanthus</i> <i>Hibiscus elathus</i> <i>Lysiloma latisiliqua</i> <i>Samanea saman</i>	<i>Zea mays</i> + <i>Phaseolus Manihot</i> + <i>Phaseolus Ipomoea batata</i> <i>L. esculentum</i> <i>Phaseolus Capsicum annuum</i> <i>Cucurbita pepo</i>		H. Guinea Napier	Muro cortina de piedra Barreras vivas Empalizada Cultivos en Curvas a Nivel Rotación de cultivos Cultivo intercalado
“La Caoba” Silvopastoreo. Est. Exp. Ftal Guisa. Granma Semicaducifolio sobre suelo calizo. Suelos Pardos con carbonatos.	<i>Swietenia Macrophylla</i> <i>Khaya senegalensis</i>		Ovino Criolla Pelibuey	Hierba De Guinea, Napier	Plantas. en Fajas Periféricas Pastoreo racional

Tabla 27. Relación de especies utilizadas y medidas de conservación de suelos.

De las especies utilizadas en la reforestación, *Leucaena leucocephala*, por ser de uso múltiple, además de formar un bosque protector a los 7 años de edad, también brindó beneficios directos con el uso de la madera indirectos para el hombre. Un estudio de las características y propiedades físicomecánicas y anatómicas de la madera de *Leucaena* arrojó la posibilidad del uso directo de la misma en la construcción de diferentes prototipos: cabos de implementos agrícolas, carpintería, tornería, ebanistería y artículos deportivos. También la prueba de compatibilidad realizada a los residuos de madera con el cemento Portland permitió la posibilidad de usarla en la fabricación de aglomerados madera-cemento, lo que constituye una alternativa de solución a los problemas locales de la población. (Jiménez y col. 1990).

El resto de las especies que forman el bosque cuadro 2; crecen y se desarrollan satisfactoriamente, propiciando con el desarrollo alcanzado por sus copas un refugio para la avifauna de la región. Estudios realizados han demostrado la presencia de especies de valor cinegético (5 Sp.), de especies endémicas (10 Sp.) y otras para un total de 25 especies registradas. (Jiménez, 1988).

Como se aprecia, los objetivos fundamentales que se persiguen con la aplicación de los agroecosistemas se logran, pues han permitido un Autoabastecimiento sostenido y diverso en la producción de alimentos de origen animal y vegetal que repercuten en la elevación de los niveles de salud de la población en zonas montañosas.

Las medidas de conservación de suelo aplicadas han contribuido al mejoramiento de los mismos, a mantener la fertilidad y minimizar la erosión. La aplicación de estos sistemas ha contribuido a fortalecer la base económica de la población rural, creando fuentes de trabajo estable, mejorando las condiciones sociales que permiten la estabilidad de la población en la montaña Se ha garantizado la reforestación y el desarrollo satisfactorio de las plantaciones, restableciéndose el equilibrio ecológico de la zona, la belleza paisajística y un potencial maderero que puede satisfacer las necesidades de los pobladores. Además, se han logrado beneficios económicos con ingresos a corto plazo de aproximadamente 200 pesos/ha/años en la producción combinada de productos agrícolas, ganadero y forestales.

El futuro de los sistemas agroforestales en Cuba

Estudios realizados en el Gran Parque Nacional Sierra Maestra, (Renda y col., 1980) avalaron la necesidad de detener las prácticas degradantes de los recursos naturales y proponer para la Provincia Santiago de Cuba por existir aproximadamente 33 mil ha con potencialidades agrarias la aplicación de Sistemas Agroforestales. Los planes de reforestación emprendidos han mejorado este panorama, sin embargo, aún se debe continuar con la política de la reforestación, sobre todo educando a la población en su importancia.

Las principales producciones de la zona corresponden a los cultivos de yuca, plátano, malanga, boniato, café, entre otros., la diversidad animal lo constituyen básicamente el ganado de ceba y leche donde los 3/4 de las áreas dedicadas a las producciones de café corresponden al sector campesino y otros al sector estatal La provincia de Guantánamo presenta una extensión de 522 962 ha con topografía predominantemente

accidentada que representa el 75% de su territorio. Está llamada a ser una de las provincias priorizadas para aplicar las técnicas agroforestales. Una situación similar de prioridad de aplicación de estas técnicas lo constituye la provincia Granma, aunque presenta una mayor superficie de tierras cultivables en topografía llana.

En la zona montañosa del Escambray comprendida entre los límites de la provincias Sancti Espíritu de un total de 95 986 ha tienen potencialidad para los Sistemas Agroforestales (Agrosilvicultura y Silvopastoreo) alrededor de 23 562 hectáreas, ya que las características del suelo y pendientes de 0-30 % y 0-25 % respectivamente, lo permiten (Calzadilla, 1983). A modo de contribución a esta propuesta, se vienen desarrollando las asociaciones café - forestal como una agrosilvicultura generalizada. En la provincia de Cienfuegos región montañosa se estima que existen 20 000 ha de tierras aptas para la aplicación de los sistemas agroforestales. En la provincia de Pinar del Río aunque cuenta con una extensa superficie cubierta en parte con bosques de pinares, existe la posibilidad de aplicar la Agrosilvicultura y el Silvopastoreo en áreas de topografía favorable obteniéndose valores como subproducto de bosque y un uso múltiple y racional del suelo. En la Sierra del Rosario con mejores condiciones edafoclimáticas, también se pueden aplicar las técnicas agrosilvícolas y de hecho se han comprobado las perspectivas de uso de las asociaciones del cultivo del café con especies forestales tales como: teca (*Tectona grandis*) y majagua (*Hibiscus elathus*), entre otras, obteniéndose aceptables rendimientos en el cultivo del café y alta calidad en el grano.

En general, en los diferentes proyectos de ordenamiento integrado y manejo de cuencas hidrográficas de ríos y embalses del país está legislado como método para el uso y manejo de los suelos, aplicar las técnicas Agroforestales ya que con ellas se pueden obtener producciones agrícolas, ganaderas y forestales diversificadas y sostenidas con principios conservacionistas de los recursos naturales; restablecimiento del patrimonio forestal y del equilibrio ecológico del ecosistema con mejoras cada vez mayor para la población y economía nacional y el ambiente.

Los sistemas agroforestales y la agricultura sostenible

Los beneficios de los sistemas agroforestales son múltiples e imprescindibles en la concepción del desarrollo sostenible. La literatura recoge infinidad de conceptos y propuestas para su aplicación adecuada para lograr éxitos en este empeño. En este trabajo se presenta un ejemplo de su eficiencia a partir de una experiencia bajo las condiciones de Cuba.

Las medidas de conservación de suelos aplicadas fueron las siguientes: (i) mínimo laboreo en la preparación de terreno; (ii) cultivos intercalados tales como: Yuca - Fríjol, Tomate; Fríjol; Maíz-Fríjol; (iii) rotación de cultivos; (iv) siembras en curvas de nivel; (v) empalizadas; (vi) barreras vivas y muros de contención de piedra para pendientes de 13 %; así mismo, en pendientes de 30 %, se construyeron terrazas de 2-3 metros de plataforma por 1 metro sin rotura de talud (bancales) lo que unido a la rotación de cultivos y al intercalamiento ayudó a estabilizar y conservar la bioestructura del suelo. La corrección de cárcavas; construcción de zanjas de desviación de las aguas y la utilización de tracción animal propició, junto al propio sistema aplicado, mantener una explotación sostenida, minimizando la erosión y conservando la fertilidad en los suelos.

Consideraciones finales

El empleo de los Sistemas Agroforestales tiene grandes perspectivas y de hecho, un punto de partida lo constituye la posibilidad que brinda el ordenamiento del territorio en cuencas hidrográficas y el uso múltiple y racional del suelo para combinar los cultivos de café, cacao y forestales.

La implantación de estas técnicas debe ir precedida de una labor de persuasión, pues implica cambios en los métodos tradicionales del uso y manejo del suelo de laderas, en la selección de los cultivos agrícolas y en la concepción del uso de monocultivo en los sistemas montañosos. Además del desconocimiento y falta de experiencia sobre la integración de la Agricultura con la Silvicultura; se trata pues de capacitar a los que cultivan las montañas, de manera tal que introduzcan en sus tierras los sistemas de manejo donde se integren las actividades agrícolas, ganaderas y forestales debiéndose superar los prejuicios de carácter subjetivos acerca de la concepción existente sobre los principios de la Silvicultura y marchar así, hacia una nueva fase de desarrollo rural sostenible que tenga como base la Silvicultura "Social o comunitaria".

Bibliografía

Alfonso, Gisela (2001). Entre todos podemos. Pres. Agencia de Medio Ambiente. Periódico Trabajadores. 2001, Jun. 4. p. 8.

Combe, J Y G. Budowski. 1979. Clasificación de las técnicas agroforestales. Actas. Taller de Sistemas Agroforestales Turrialba 1979. P-17-47.

Chaundry, A. N Y S. Salim. 1980. La Agrisilvicultura en Uganda. Monografía. Unasylva 32 (126). 1980.

CATIE 1986. Sistemas Agroforestales. Principios y Aplicaciones en los Trópicos. Costa Rica, 817 Pág.

- Calzadilla, Z. E. 1980. Estudios Edafológicos y Fisiográficos de las parcelas agrosilvopastoriles en la Sierra Maestra. Informe técnico. II f. MINAG. 43 p. La Habana
- Calzadilla, Z.E., O. González, G. Pérez, R. Cruz, N. Pérez y M. Valle. 1983 Estudio edafológico, fisiográfico y agrosilvicultural del Escambray. Prov. Sancti Espíritus. Informe técnico IIF. La Habana. 1983. 16p.
- Calzadilla, Z. E., Torres, J. 1990. Establecimiento de plantaciones forestales en laderas de fuertes pendientes con especies de valor maderable, forrajera y para combustible hasta la etapa de brizal.
Informe técnico de etapa. 004-2-32-10. IIF. MINAG. La Habana. Cuba
- Del Risco, E. 1995. Los bosques de Cuba. Su historia y características. Instituto del Libro. Editorial Científico Técnica. 1995. 96 p.
- FAO. 1995. Cooperación Sur Sur en Agroforestería. Informe reunión interregional sobre Investigación, educación y desarrollo agroforestal para África, Asia y América Latina. Nairobi. Kenya. Mayo. 1994
- Ferrer A. Fernández R., Rengifo E., García J., Jiménez A. M., 1998 La importancia de los biofertilizantes (micorrizas) en Sistemas Agroforestales. Revista Cuba Forestal Vol. 1
- Huguet. L. 1982. ¿Qué pensar de la desaparición de los bosques tropicales?
Bois et forest. Des tropique (195):1982. P.7-22.
- Jiménez A. Marta, y Col. 1989. Establecimiento y Evaluación de cultivos agrícolas y forestales hasta la etapa de brizal con medidas de conservación de suelos. Informe técnico. Código: 004-20- 32-07. IIF. MINAG. 23 p. La Habana. Cuba
- Jiménez, A. Marta, Manzanares, A., Katia, Velásquez, Digna. Sosa. M. 1990." Compatibilidad de la especie *Leucaena leucocephala* con el cemento Porttland.": 336-338. II Seminario Internacional sobre azúcar y derivados de la caña. Tomo. I. Productos Aglomerados. Diversificación '90. La Habana Cuba.
- Jiménez, A. Marta, A. Katia, Sosa M., Carreras, R. Raquel, Velázquez, Digna, González, C. Vargas, L. M. Casate, C. Jiménez, M. 1990. "*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. Una alternativa para dar solución a las necesidades locales" 18 p. La Habana, Cuba
- King, K.F.S. 1976. Agrosilvicultura (the taungya System) Nigeria. Department of Forestry University of Ibadan. 1976.
- Orquin, J. Rivero, M Y Gainza, A. 1988. Estudio preliminar de asociaciones agrosilvícolas en la región de Baracoa. bico. Instituto de Investigaciones. La Habana.1988. 16 p.
- Posada, A. 1981. Plan de desarrollo integral, restauración y protección de los recursos naturales de la Sierra Maestra. Propuesta del Proyecto del Gobierno de Cuba y FAO. Informe. La Habana, 1981. 57 p.
- Primavesi, A. (1990). Manejo Ecológico del Suelo. Ed. ATENEO. Buenos Aires, 449 p.
- Rodríguez, A. E. 1981. Agrosilvopastoreo en la Sierra Maestra. Informe preparado para el Gobierno de Cuba. ONU. Programas FAO-SIDA. Sobre contribución forestal al desarrollo de las comunidades locales. La Habana. Agosto. 1981.62 p

Rodríguez E. 1981. Metodología para el Agrosilvopastoreo en la Sierra Maestra. Programa CUBA GCP/INT/347. SWE. Informe inédito. La Habana. 1981.34 p.

Renda, A., E. Calzadilla. J. A. Bouza y M. Valle. 1981. Estudios sobre las condiciones edafológicas, fisiográficas y agrosilvicultura de la Sierra Maestra. Informe técnico. La Habana. Centro de Investigaciones Forestales 1980-1981. 10 volúmenes.

Renda, A. *et al*, (1997). La agroforestería en Cuba./ Calzadilla E.; Jiménez M.; Sánchez J. (IIF) Dirección de Recursos Forestales FAO, ROMA , Oficina General de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile p 1 – 2

Sigler, I Y Pacheco, E. 1988. Experiencia agroforestal en la región de Yateras. Informe técnico presentado en el Taller Agroforestal Est. Exp.Ftal. Guisa, Granma.1988. 13 p.

.

Sosa, M.; Jiménez, A. Marta.; Ibañez, A. Hernández, Caridad, 1989. Consideraciones técnicas sobre las propiedades físico-mecánicas y usos posibles de las especies que se desarrollan en las parcelas agrosilvopastoriles. IIF. MINAG. La Habana. Cuba. 17 p. (inédito). Unasylva vol. 43. no. 169. 1992/2 Sostenibilidad. "Aspectos Sociales de la Ordenación Forestal para el desarrollo Sostenible. D. O. GOW. pp. 41-45.

**PRACTICAS AGRARIAS SOSTENIBLES EN LA SIERRA MAESTRA,
CUBA.
“EL ZAPOTE, UNA EXPERIENCIA AGROSILVICOLA”**

Ing. Félix Revé Leonard



Establecimiento del cultivo de la Malanga asociado al Maíz en terrazas de la parcela de policultivo “El Zapote” (Foto, Revé, Sierra Maestra, Sgto. de Cuba)

Introducción

Hasta principios de la década del 80, no se tenía referencia de los rendimientos de los cultivos que eran establecidos en las estribaciones de la Sierra Maestra. Sin embargo hoy se dispone de datos de inestimable valor para seleccionar los cultivos más promisorios, como los reportados por Jiménez (1989), y Renda et al. (1997), pero en condiciones sostenibles de producción.

En franca valoración de los resultados que han sido alcanzados con la aplicación de los Sistemas Agroforestales, la sustentabilidad de cualquier sistema Silvo-agrícola, Agro silvícola o Silvopastoril depende en gran medida del grado de raciocinio de los agricultores para comprender la vocación de los suelos, uso, actitud y capacidad de estos para acoger determinados cultivos, de ello depende una correcta interrelación entre las diferentes componentes que interactúan en el sistema.

Una valoración sobre el estudio de caso que aquí se presenta permitirá evaluar el comportamiento de los cultivos relacionándolo con las características del sitio así como la sostenibilidad del sistema y las fluctuaciones del clima, factor natural que en los últimos años ha presentado anomalías en esta región.



Asociación Yuca-Maíz en la Parcela de Policultivo El Zapote



Establecimiento del Maíz asociado al frijol Caupí en una terraza de la Parcela

Características del escenario productivo

Localizada en la superficie de la Estación Experimental Forestal Guisa, la experiencia agro silvícola “El Zapote”, posee una superficie total de 5,7 ha, es de forma rectangular y se extiende longitudinalmente de Norte a Sur, ocupando la parte inferior de una ladera, de exposición Oeste, con 15 – 20 % de pendiente y a una altitud de 220 msnm. Sustenta un suelo Pardo sin carbonato poco profundo derivado de rocas ígneas básicas e intermedias, de buena fertilidad, que anteriormente estuvo dedicado a pastizales.

En cuanto al clima de la zona; durante el periodo evaluado la temperatura media fue de 24,3° C, la precipitación media anual de 1172,4 mm por año y la media de la humedad relativa fue de 80,8 %. El sistema fue diseñado de acuerdo a las características topográficas de la zona, la vocación del suelo y

la interrelación entre componente. Para establecer el poli cultivo o componente agrícola, se destinó la parte central del área con una superficie de 2,7 ha de forma rectangular (75,0 x 61,0 m). Por tratarse de una ladera inclinada se aplicó un diseño de conservación de suelo que comprende las siguientes medidas:

- Canal de desviación de las aguas en la parte superior.
- Muros de contención de piedras (300 m lineales de muros de piedras/ha).
- Barreras vivas.
- Barreras muertas con residuos de cosecha.
- Surcos a curvas de nivel.

Como consecuencia del establecimiento de los muros de contención se produce un autoterraceo y la conformación de terrazas, que en total ascienden a 18, cada una de ellas con una superficie variable; se establecieron barreras vivas de plátano (*Musa spp.*) y papayo (*Carica papaya*) en los bordes superiores de los muros de contención y una hilera de coco (*Cocos nucifera*) en el borde periférico de la parcela ascendente a 65 plantas, con un espaciamiento aproximado de 10 m entre plantas.

En el período comprendido entre 1997–2000, se trabajó en el establecimiento de diferentes cultivos temporales y fueron monitoreados ocho, de ellos: 3 especies de granos, 4 de viandas y 1 de vegetales: Frijol Caupí (*Vigna unguiculata*), Maíz (*Zea mays*), Sorgo (*Sorghum vulgaris*), Yuca (*Manihot esculenta*), Boniato (*Ipomoea batatas*), Calabaza (*Cucurbita pepo*), Malanga (*Xanthosoma spp.*), Tomate placero (*Lycopersicon esculentum*), Tomarte Campbell-28 (*Lycopersicon esculentum*).

En cuanto al manejo de los cultivos establecidos, se aplicó: el policultivo (8 especies), asociaciones de cultivos (3 asociaciones) y rotación de cultivos tanto a nivel de parcela como en las terrazas. La agrotecnia aplicada consistió en laboreo mínimo, no se aplicó fertilizantes químicos, el uso reducido de pesticidas y cultivo a secano. Los restos de cosecha no empleados en la alimentación animal se colocaron sobre la superficie del suelo como cobertura muerta o arrope, otros se fueron acordonando sobre los muros de piedra como barreras antierosivas además de su utilización en la preparación de abono orgánico en una abonera diseñada para eso situada en el extremo inferior de la parcela. Durante todo el período se procuró mantener la mayor parte del área cubierta para proteger al suelo y alcanzar un mayor Índice de Equivalente del uso de la Tierra (IET).

Asociado a la parcela del poli cultivo en la parte inferior (oeste) con pendiente por debajo del 10 %, se localiza el componente forestal o parcela silvícola con una extensión de tres (3) ha, compuesta por doce especies forestales de alto valor económico con más de 20 años de establecidas a saber: Caoba de Honduras (*Swietenia macrophylla*), Peterocarpus (*Pterocarpus indicus*), Oreja de Negro (*Enterolobium cyclocarpum*), Piñón florido (*Gliricidia sepium*), Cedro (*Cedrela odorata*), Mellinea (*Mellinea toningue*), Híbrido: caoba del país + caoba de honduras (*F2 Habana*), Híbrido: caoba del país + caoba de honduras (*F2 Alquízar*), Caoba de Centroamérica: introducida (*Swietenia humilis*), Híbrido: caoba del país + caoba de Honduras (*F2 Cagio*), Majagua (*Hibiscus elatus*)

Las diferentes especies forestales establecidas (Tabla 28), han mostrado un excelente crecimiento y desarrollo, En la parte superior de la parcela de poli cultivo (exposición al este), con una extensión mayor de dos (2) ha, aparece un bosque secundario de escaso valor económico compuesta por diferentes especies de árboles, arbustos, arvenses, entre otros componentes del agroecosistema. Se destaca la presencia de la Palma Real (*Roystonea regia*), con su exuberante figura junta a otros árboles y arbustos como: Marabú (*Dichrostachys glomerata*), Periquillo (*Alvaradoa amorphoides*), Guárano (*Cupania americana*), Sigua (*Nectandra coriacea*), Guásima (*Guazuma ulmifolia*), Caimitillo (*Chrysophyllum oliviforme*), y Chiv (*Zanthoxylum fagara*).



Técnicas de cultivo a curvas de nivel en la parcela “El Zapote”

No.	Especies Forestales	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen / árbol (m ³)
1	<i>Swietenia macrophylla</i>	20.36	34.93	0,8058
2	<i>Pterocarpus indicus</i>	21.25	37.75	0,9771
3	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	18.65	48.80	1,4577
4	<i>Gliricidia sepium</i>	11.25	15.95	0,1025
5	<i>Cedrela odorata</i>	15.04	23.36	0,2783
6	<i>Mellinea toningue</i>	13.03	25.82	0,3021
7	<i>F2 Habana</i>	6.10	11.80	0,0358
8	<i>F2 Alquízar</i>	10.50	19.50	0,1451
9	<i>Swietenia humilis</i>	14.54	27.08	0,3636
10	<i>F2 Bayamo</i>	9.46	15.25	0,0819
11	<i>F2 Cagio</i>	12.70	21.25	0,2004
12	<i>Hibiscus elatus</i>	18.15	28,44	0,4837
13	<i>Acacia mangium</i>	18,00	25,00	0,3903
14	<i>Tectona grandis</i>	20,00	31,00	0,6450

Tabla 28: Evaluación del comportamiento en Diámetro y Altura y determinación del volumen promedio por árbol del componente forestal establecido.

Aportes socioeconómicos y medioambientales

La evaluación de los diferentes cultivos, en los primeros 4 años (Tabla 29), corroboran en parte los rendimientos obtenidos por otros investigadores como Jiménez (1989) y Renda (1997), en condiciones similares bajo el principio del rendimiento sostenible.

Los cultivos con mejores rendimientos fueron: Frijol Caupí var. Carita Rojo cultivado solo en la parcela 5 con 2,0 t.ha⁻¹; Maíz con 4,7 t.h⁻¹ a asociado a la yuca en la terraza 9; Malanga con 14,27 t.ha⁻¹ que se asoció al frijol + maíz + sorgo en la terraza 18; Yuca con 5,80 t.ha⁻¹ asociada al maíz; Calabaza con 5,80 t.ha⁻¹ sin asocio; Tomate Campbell-28 con 8,31 t.ha⁻¹ como monocultivo y 5,13 t.ha⁻¹ en tomate Placero cultivado solo.

Cultivos Agrícolas	Rendimientos	
	Qq / cab	T / ha ⁻¹
Yuca	800	2,65
Boniato	700	2,32
Maíz	260	0,86
Tomate Placero	800	2,65
Frijol Caupí. Var. Carita	180	0,59
Plátano Macho	650	2,15
Calabaza	800	2,65
Malanga	700	2,32
Tomate Campbell-28	800	2,65

Tabla 29: Rendimientos de diferentes cultivos alcanzados en la Empresa de Cultivos Varios en el municipio Guisa (Sector campesino) en el período 1997-2000.

Los rendimientos de los cultivos han sido bajos, pero de un valor inestimable para la comunidad estado; así, cultivos como Boniato, alcanzó en monocultivo un bajo rendimiento ($3,33 \text{ t.ha}^{-1}$); la Calabaza produjo solo $2,65 \text{ t.ha}$ cuando se asoció al maíz en el año 1999 y el Sorgo aportó $1,54 \text{ t.ha}^{-1}$ en 1999.

En general los cultivos asociados alcanzan individualmente rendimientos inferiores a los no asociados, aunque en total hay una mayor producción global por unidad de área en las asociaciones, como ocurre con la asociación M-F-S-M (malanga-frijol-sorgo-maíz), que alcanza un total de $19,19 \text{ t.ha}$ en el 2000, lo que demuestra la sustentabilidad del sistema.

El comportamiento del maíz ha sido bueno, respecto a los híbridos comerciales, ($5,21 \text{ t.ha}^{-1}$ según Abreu y González, 1985) aportando $4,08 \text{ t.ha}^{-1}$ cuando se asoció a la yuca, $4,16 \text{ t.ha}^{-1}$ como monocultivo y $4,17 \text{ t.ha}^{-1}$ cuando se asoció a Malanga + Frijol + Sorgo.

Por otra parte, los rendimientos de los cultivos no guardan una relación directa con el volumen total de las precipitaciones ya que en el año 1998 con el más bajo nivel de lluvias, se obtienen los mejores rendimientos y a la inversa, en 1999, el de mayor cantidad de precipitaciones (1199,8 mm), los cultivos presentan bajos rendimientos; los bajos rendimientos, parecen estar

relacionado con las irregularidades en el comportamiento de las precipitaciones dentro del año ya que tienen incidencias en los rendimientos de los cultivos como ocurre con la asociación Yuca + Maíz establecida en 1998, donde un invierno lluvioso favoreció el rendimiento del maíz ($4,08 \text{ t.ha}^{-1}$), pero una primavera seca impidió obtener resultados satisfactorios (5,8 t.ha) en el cultivo de la yuca. En cambio durante 1999, una distribución normal de la lluvia durante todo el año, favoreció la obtención de buenos rendimientos en Malanga (14,27 t.ha) y maíz (4,17 t.ha).

Los rendimientos en general son aceptables (Tabla 30) y a diferencia de la agricultura convencional, que emplea altas cantidades de fertilizantes químicos, pesticidas, riego, entre otros insumos, éstos se logran bajo un manejo de alternativas locales lo que posibilita una mayor protección de los recursos naturales.

Consideraciones finales

Los primeros cuatro años de monitoreo de la producción agrícola por terraza en la parcela agro silvícola, muestran un buen comportamiento en los siguientes cultivos: frijol Caupí var. Carita Rojo asociado a la yuca; malanga asociada al frijol + al maíz +1 sorgo, Yuca asociada al maíz; Calabaza, Tomate “Placero” y “Campbell-28” en cultivo limpio finalmente la producción de maíz fue satisfactoria, tanto asociado como en monocultivo.

Los cultivos de menores rendimientos han sido: Boniato, Calabaza y se pudo apreciar que el comportamiento de los rendimientos de los cultivos no guarda una relación directa con el volumen total de las precipitaciones, siendo mas influyente la distribución de las mismas durante el año.

Finalmente se está considerando evaluar si la orientación del terreno y el grado de exposición de la parcela a la luz solar, (variable horas sol/día), pudieran estar influyendo desfavorablemente la formación y desarrollo de las diferentes estructuras en algunos las plantas cultivadas.

CULTIVOS	RENDIMIENTOS (t / ha ⁻¹)											
	1997			1998			1999			2000		
	Terr.	Área (ha)	Rend.	Terr.	Área (ha)	Rend.	Terr.	Área (ha)	Rend.	Terr.	Área (ha)	Rend.
Tomate Placero	18	0,12	5,13									
Yuca	14		5,43	4	0,15	5,80						
Yuca (yuca-maíz)				9	0,10	5,37						
Yuca						4,10						
Boniato var. INIVIT				2	0,10	4,34						
Boniato var. CENSA				16	0,10	3,33						
Calabaza				18	0,12	5,80	10		2,93			
Calabaza (Calabaza-Maíz)							15	0,13	2,65			
Maíz var.Tuzón				9	0,10	33425	4	0,15	4,97			34180
Maíz var. Tuzón							14		34118			34153
Plátano macho									1,02			
Frijol Caupí var. C. rojo.				5	0,15	2,00						308,0
Frijol Caupí var. C. rojo.				18	0,12	1,38						
Malanga										18	0,12	14, 27
Sorgo							17	0,12	1,542			45Kg.
Tomate Campbell-28												8,31
Maíz (Maíz- Calabaza)							15	0,13	34118			

Tabla 30: Evaluación del comportamiento de los cultivos agrícolas establecidos en la parcela de policultivo “El Zapote”.

Bibliografía.

Abreu, S y González, J. Prueba de rendimiento de híbridos experimentales de maíz (*Zea mays*). Revista Ciencia de la Agricultura, No. 22, 1985. P: 134- 136.

Bisse. J., 1998. Árboles de Cuba. Editorial Científico Técnico. Ciudad Habana.

Calzadilla, E., et al., Sistemas Agroforestales. Agricultura Sostenible. Plan Turquino. CIDA, 1995.

Delvin, R. M. Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación (Segunda reimpresión/1982) La Habana, Cuba. P: 401, 402 y 412.

Fors. J. B. y Reyes., Manual de Silvicultura IV Edición. Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestal, 1967.

García. E., et al., El cultivo del Frijol Caupí. Estación Territorial de Investigaciones Agropecuarias Holguín. 1996

Jiménez, M., et al. Establecimiento y valoración de cultivos agrícolas y forestales hasta la etapa de brinzal en la precordillera norte de la sierra maestra. EN: Memorias del Congreso Forestal de Cuba y Simposio Internacional sobre Técnicas Agroforestales. La habana, Cuba, IIF. v.2, pp. 195- 215.

Jiménez. M., et al., Guía de Estudio. Los Sistemas Agroforestales en busca del equilibrio ecológico y el desarrollo socioeconómico de la Montaña.

Renda, A., et al.. La Agroforestería en Cuba. ORFALC. Santiago, Chile, 1997. P: 64.

Morales. J. y Ribeiro. C. M., Los Programas Forestales Nacionales y el desarrollo sostenible enAmérica Latina y al Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile 1998.

ABONOS VERDES

Dr. C. Ángel Leyva Galán.



Sesbania rostrata intercalada en malanga (Xantosoma) en Bainoa, La Habana (Foto: A. Leyva)

Introducción

Los abonos verdes son plantas que por sus características fenológicas, morfológicas y genéticas se descomponen muy rápidamente, al ser incorporadas al suelo *in situ* o transportadas en su estado normal de crecimiento y desarrollo, es decir, en estado verde; estas plantas ponen a disposición de cualquier cultivo que se siembre o plante a continuación, los elementos nutricionales de su composición interna, como resultado del proceso de descomposición al que son sometidas por la acción de los microorganismos, la humedad y las temperaturas.

El uso de los abonos verdes en la producción agrícola, ha sido una práctica ancestral. Esta técnica fue totalmente abandonada, primero por el desarrollo de los fertilizantes orgánicos (compost, cenizas, estiércol, entre otros) y posteriormente por los fertilizantes inorgánicos, que son los que han predominado hasta hoy. Sin embargo, ha surgido nuevamente el interés tanto de científicos como de productores agrícolas, por el uso de esta fuente natural de alimentación para las plantas buscando economía en la producción y la preservación del medio ambiente.

En un sentido amplio, el abono verde comprende el uso de plantas en floración, en sucesión o en consorcio con otros cultivos, incorporados o dejados sobre la superficie del suelo, con la finalidad de protegerlo, mantenerlo o mejorarle sus características físicas, químicas y biológicas Calegari *et al.* (1992) Las causas de su abandono por los productores en los últimos 50 años responden a un hecho lógico, si se tiene en cuenta que con los abonos verdes el productor necesariamente tiene que ocupar el suelo por un cultivo del cual no va a obtener cosechas por un período de tiempo, que bien podría utilizar para un cultivo económico. Por otra parte, si cuenta con opciones para la nutrición de sus cultivos, el uso de los abonos verdes requiere además, de un banco casi permanente para la producción de las semillas que debe utilizar en sus siembras y, por supuesto, esto también implica mantener una superficie de suelo ocupada que tampoco proporciona un beneficio económico tangible, al menos de forma inmediata; además, estas plantas no crecen espontáneamente, lo que significa que hay que atenderlas durante su crecimiento y desarrollo. Por todo ello, resulta mucho más económico utilizar fertilizantes inorgánicos o en condiciones de escasez de recursos, otras alternativas nutricionales aparentemente más eficientes que el uso permanente de los abonos verdes. Sin embargo, a la luz de los nuevos acontecimientos que perfilan las investigaciones hacia una agricultura menos contaminante del medio, se han realizado nuevas investigaciones sobre esa opción natural, demostrándose que no se justifica o al menos no son éstas, razones sólidas para su abandono casi total a escala internacional. A continuación se hace un análisis detallado de sus bondades, para que cada lector saque sus propias conclusiones y pueda valorar sus posibilidades como opción o alternativa orgánica dentro de la agricultura sostenible

Principales características de los abonos verdes

Las especies más utilizadas como abono verde pertenecen a la familia de las leguminosas; también pueden ser utilizadas otras plantas de crecimiento rápido pertenecientes a la familia de las gramíneas o crucíferas, básicamente como fuente de materia orgánica (Masaka *et al.*, 1984). Actualmente se ha estado defendiendo los cócteles de especies para ser utilizados como abonos verdes.

La mayor parte de las plantas que pueden ser utilizadas como abonos verdes, tienen las características de poseer una relación carbono - nitrógeno baja, la cual favorecida además por las altas temperaturas y humedad del trópico, se le facilita su descomposición por los microorganismos del suelo, poniendo rápidamente a disposición del cultivo sucesor, los elementos de su descomposición. Como estas plantas poseen una baja relación CAN, eso

significa que sus contenidos en nitrógeno son altos, por lo cual son las leguminosas las plantas que mayoritariamente poseen estas características; es por eso que históricamente han sido los abonos verdes por excelencia, por tratarse precisamente de plantas que proporcionan al nuevo cultivo el nitrógeno, uno de los elementos principales y deficitarios en los suelos.

Cuanto más elevados sean los contenidos de lignina y celulosa de las plantas, mayor será la relación CAN y, por tanto, con mayor lentitud ocurrirá el proceso de descomposición de las plantas, alejándose así de la posibilidad de ser utilizada como abono verde, pero con la ventaja de que aportan materia orgánica al suelo, algo que no podrán hacer significativamente los cultivos con baja relación CAN.

Las leguminosas no obstante poseen ventajas que no tienen otras plantas y es la de poder fijar el N atmosférico en simbiosis con algunas bacterias del género *Rhizobium* a través de los nódulos que se forman en sus raíces. Según la FAO, se estima que las leguminosas fijan del aire alrededor de 80 millones de toneladas de nitrógeno por año, de los 6.400 Kg. de N existentes sobre cada hectárea de suelo y agua del planeta. Pero no solo sus aportes son de nitrógeno, especies como *Sorghum vulgaris*, *Vigna sinensis*, *Vicia sativa* y *Pueraria phaseloides*, son capaces de movilizar el fósforo a través de sus raíces (Cansio *et al.*, 1989), mientras que el calcio es movilizado a través del *Lupinus spp* y la soya (*Glycine max*) indica Primavesi, (1984). El potasio, sin embargo, es especialmente movilizado por plantas de porte alto como el *Cajanus cajan*, el *Penisetum purpureum*, *Sorghum vulgaris*, *Celosia argentea* y *Phytolacca americana* (Da Costa, 1991)

En los últimos años, se ha recomendado como abonos verdes la siembra mixta de leguminosas y gramíneas (poáceas), buscando proporcionarle humus al suelo. Tales mezclas pueden limitar los aportes en nitrógeno de las leguminosas, si su incorporación no se hace en el momento oportuno o la proporción entre ambas especies no está bien balanceada; por ello deben de conocerse bien sus funciones básicas.

Las funciones más importantes de los abonos verdes se resumen a continuación:

- Proporcionan nitrógeno y otros elementos al nuevo cultivo
- Mejoran las propiedades físicas del suelo y por tanto la infiltración de agua
- Realizan la función de antinematicida
- Conservan la humedad, evitan la erosión eólica y el lavado de nutrientes del suelo y reducen la invasión de arvenses

- Disminuyen la evaporación y atenúan las oscilaciones térmicas de la superficie del suelo
- Mejoran las propiedades biológicas del suelo con la incorporación de fitomasa
- Ponen a disposición de los cultivos, nutrientes no accesibles por estos al ser extraídos de capas profundas del suelo

Varios autores reconocen que la utilización de los abonos verdes tiene un marcado efecto sobre las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Masaka *et al.*, 1984).

El mejoramiento de las propiedades físicas del suelo con el abonado verde es poco visible a corto plazo, porque la rápida descomposición del material adicionado no produce aumento significativo en la acumulación de la materia orgánica (Allison, 1973; Mac Rae y Mehuys, 1985). Es más evidente, a corto plazo, el efecto de la cobertura sobre la protección del suelo y la conservación de la humedad. La cobertura vegetal disminuye el efecto erosivo de la lluvia y el escorrimiento superficial, debido al sombreado del suelo, ejerce un efecto regulador de la temperatura y disminuye las pérdidas de agua por evaporación (Khiel., 1985; Derpsch *et al.*, 1991).

La influencia de los abonos verdes sobre las propiedades químicas del suelo se refleja por el mejoramiento de su fertilidad a través del incremento de la capacidad de reciclaje de nutrientes, incorporación del nitrógeno fijado, cuando se trata de leguminosas y otros efectos derivados de la adición de materia orgánica. Lupwayi Y Haque (1998) reportan aumentos significativos del nitrógeno, potasio y magnesio disponible a partir de la incorporación de las hojas de *sesbania* y *leucaena*; no obstante mencionan, que cantidades adicionales de nitrógeno, fósforo y calcio serían necesarias si estas hojas fuesen utilizadas como única fuente de nutrientes a los cultivos. Otros autores (Frankenberger y Abdelmagid, 1985) reconocen también la importancia del efecto solubilizante de los exudados radicales en la movilización de nutrientes y en la síntesis de biorreguladores (hormonas y vitaminas), que pueden influir en el desarrollo de otros cultivos. A los efectos antes mencionados, la cobertura vegetal produce una modificación sobre las propiedades biológicas del suelo, pues estimula el crecimiento y la actividad de los organismos necesarios para la transformación y liberación de nutrientes. Los cambios que se producen en la estructura poblacional de la fauna pueden ser útiles en el control de hongos patógenos que afectan las raíces de los cultivos (Allison, 1973) y en el control de nemátodos formadores de agallas (Masaka *et al.*, 1984).

Sin embargo, los abonos verdes deben cumplir determinados requisitos para que su empleo sea viable, es decir, económicamente eficientes y prácticamente utilizables (Monegat, 1991): Entre ellos los más significativos son los siguientes:

- Las plantas deben aportar altos volúmenes de biomasa
- Que se puedan sembrar la mayor parte del año
- Que su ciclo hasta la floración sea corto
- Que su composición contenga elevadas concentraciones de nutrientes
- Que produzcan muchas semillas, pequeñas y fáciles de recolectar
- Que las semillas tengan buen poder de germinación, y alta vitalidad
- Que tengan elevada precocidad en su crecimiento (habilidad para competir)
- Que sean resistentes a la sequía y al ataque de plagas y enfermedades
- Que sean de fácil incorporación al suelo y su proceso de descomposición se produzca con rapidez (una buena eficiencia en la liberación de los nutrientes para los cultivos subsiguientes)
- Que la biomasa pueda tener algún uso complementario.

Muchos de estos requisitos exigidos a las plantas dependen de las características intrínsecas de las especies y su adaptabilidad a las condiciones de clima, suelo y ubicación geográfica, así como de su manejo agronómico.

Especies de plantas utilizadas como abono verde

Las premisas anteriormente señaladas de hecho limitan al conjunto de especies denominadas abonos verdes a un pequeño número de plantas con posibilidades de cumplir con estas características, a pesar que se reportan algo más de 30 con características adecuadas, según el estrecho concepto de aceptarlas básicamente por sus aportes nutricionales (Tabla 31).

Evidentemente se hace necesario aclarar, que en la práctica probablemente resulte imposible encontrar una planta que pueda cumplir con todas las premisas o requisitos anteriormente indicados; se trata de razonar y seleccionar las que posean el mayor número de bondades al propósito económico de cada productor. Por otra parte, resulta engorroso manejar varios abonos verdes simultáneamente; por ello, la recomendación de abonos verdes tiene necesariamente que estar ligada a las características particulares de cada productor.

Principales abonos verdes para el trópico		
Nombre científico	Nombre común	Observaciones
<i>Canavalia ensiformis</i>	Canavalia	Ahuyenta plagas
<i>Crotalaria juncea</i>	Crotalaria	Soporta período invernal
<i>Sesbania rostrata</i>	Sesbania	No es resistente a sequías
<i>Vigna unguiculata</i>	Caupí	Antinematicida
<i>Cajanus cajan</i>	Gandul	Ayuda a recuperar potasio
<i>Glycine max</i>	Soya	Mejor para granos
<i>Stizolobium spp</i>		Semilla difícil de cosechar
<i>Dolichos lablab</i>	Dolicho	Produce poca biomasa
<i>Phaseolus helvolus</i>		
<i>Lupinus albus</i>	Lupino	
<i>Crotalaria paulina</i>		
<i>Stylosanthes guianensis</i>		
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	Alimento para el ganado
<i>Sorghum vulgare</i>	Sorgum	
<i>Gliricidia sepium</i>	Piñón	Alimento para el ganado
<i>Andropogon spp</i>		
<i>Desmodium intortum</i>		
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Kudzu	Resiste sequía y suelos pobres
<i>Trigonella aconitifolia</i>		
<i>Mimosa invisa</i>		
<i>Tephrosia candida</i>	Tefrosia	
<i>Calopogonium mucunoides</i>	Calopo	
<i>Pennisetum typhoides</i>	Millo negro	Mezclada con leguminosas
<i>Fagopyron sagittatum</i>		Trigo sarraceno
<i>Crotalaria anagiroides</i>		
<i>Canavalia obtusifolia</i>	Frijol bravo	
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	Crotalaria africana	
<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla o higuereta	
<i>Helianthus annus</i>	Girasol	
<i>Mucuna aterrimum</i>	Mucuna preta	
<i>Canavalia brasiliensis</i>	Frijol puerco	

Nota: para zonas frías se usan tanto solas como en mezcla las especies siguientes:

Medicago sativa L., *Pisum sativum L.*, *Vicia faba L.*, *Raphanus sativus L.*, *Trifolium spp* (*T. Pratense* es ideal para suelos ácidos) *Lupino spp*, (Piamonte, 1996).

Tabla 31. Principales abonos verdes para el trópico

Aspectos tecnológicos generales de los abonos verdes

Como los abonos verdes en general son plantas leguminosas y éstas en su gran mayoría son fotoperiódicas, el mayor volumen de fitomasa se produce cuando el número de horas de oscuridad es menor, es decir, cuando los días son más largos. Por otra parte, las altas temperaturas y precipitaciones periódicas, facilitan su germinación y rápido crecimiento y desarrollo. La producción de abonos verdes debe realizarse con el mínimo de gastos adicionales; ellos constituyen en este caso insumos para la producción del cultivo económico y, por tanto, su costo debe ser muy inferior a los de cualquier otra tecnología.

Para garantizar un buen crecimiento y desarrollo de los abonos verdes, se hace necesario asegurar una buena nutrición de las plantas, que en su

mayor proporción debe ser logrado con la inoculación de las semillas, por ser el fertilizante más barato y ecológico que se conozca.

Como la fijación es específica y para cada cultivo existen cepas específicas capaces de garantizar una buena nutrición de las plantas, debe de conocerse la cepa de *Rhizobium* que se va a utilizar y, si fuera posible, hacer combinaciones con otros biofertilizantes, que siendo compatibles contribuyan a la fijación de otros elementos además del nitrógeno; así, la producción de abonos verdes se economizaría y su empleo en la agricultura tendrá una mayor justificación.

La mayoría de los abonos verdes que han sido estudiados en la zona occidental de Cuba (Treto *et al.*, 1995; Álvarez, 1995; García, 1999) han mostrado su mayor tasa de crecimiento cuando son sembrados entre los meses de mayo y agosto, salvo algunas excepciones como la *Crotalaria juncea*, que se puede sembrar durante casi todo el año. El momento ideal para su incorporación al suelo por su turgencia y acumulación de N en su interior es en el período de floración y formación de vainas, que debe realizarse con el uso de implementos que garanticen su incorporación al suelo, entre los 2 y 8 cm de profundidad. El período de floración y formación de vainas es precisamente el momento que mayores atenciones culturales necesitan las plantas, cuando se va a obtener semilla para la reproducción; así, por ejemplo, el suministro de agua, el complemento nutricional y la lucha contra las arvenses, plagas y enfermedades son vitales en este período. Por supuesto que cada una de estas medidas se aplica en función de las necesidades del cultivo, salvo las que necesariamente conlleven medidas preventivas.

En cuanto al momento de realizar la siembra o plantación después de haber incorporado el abono verde, quizás sea ésta la parte de los abonos verdes que menos se conozca, a pesar de su suprema importancia. En general, se ha indicado que la siembra se debe realizar inmediatamente después de la incorporación; sin embargo, no se precisa mucho, cuánto tiempo y en qué condiciones climáticas.

Los efectos negativos en los cultivos económicos por la incorporación de residuos vegetales en el suelo son muy variables; normalmente el material fresco como es el caso de los abonos verdes, provoca efectos pocos acentuados y por períodos cortos, aproximadamente inferiores a los 25 días. Los residuos de biomasa en estado de madurez, como sucede con los residuos de cosecha de cultivos con elevada relación carbono nitrógeno, originan fitotoxicidad severa y duradera. Almeida *et al.* (1986), Citado por García, (1999) estudiaron el efecto de la incorporación de diferentes

cantidades de material seco y triturado de *Brachiaria plantaginea* en el crecimiento de la soya, verificaron que utilizado a la menor concentración de 1% (peso de lo triturado/peso del suelo) la biomasa seca de las raíces se redujo en un 42 %, a una concentración del 16 % se redujo en un 70 %. Los efectos solo se evidenciaron en los primeros 15 días del crecimiento de la soya, lo que los autores atribuían a la rápida descomposición de los residuos. Estos resultados evidentemente sugieren esperar al menos 20 días para sembrar un cultivo económico, después de incorporar un abono verde al suelo, para evitar efectos negativos al cultivo.

Ciertamente no debe existir un tiempo prefijado para realizar la labor de siembra posterior a la incorporación del abono verde en el período de formación de las vainas, pues ello dependerá de muchos factores incluyendo la composición del material incorporado. Tratándose de leguminosas, se debe esperar unas tres semanas como tiempo más adecuado en condiciones de clima tropical cálido. La eficiencia en la incorporación de un abono verde en el cultivo posterior depende de múltiples factores que interactúan y se complementan como son: biomasa, calidad del material (% N, relación CAN), temperatura, humedad relativa, humedad del suelo, características químicas y físicas del suelo, momento de incorporación. Sin embargo García (1999), ha experimentado en condiciones similares de suelo, clima y edad del abono verde al momento de incorporación, que la realización de las siembras de los cultivos económicos a los 40 días de incorporados los resultados que se obtienen es satisfactoria. Por otra parte, Álvarez (2000) en similares condiciones, asegura que 15 días después de incorporada *Crotalaria juncea*, los rendimientos del maíz se elevaron respecto al testigo fertilizado en 218 % y 145 % sembrados en pleno verano e invierno respectivamente.

Sobre las bases de estos resultados para las condiciones indicadas, al parecer el rango de su máxima eficiencia parece encontrarse entre 15 y 40 días posteriores a la incorporación del abono verde que posea una relación CAN baja, como las que presentan las leguminosas. Pero para una mayor precisión del tiempo, es el productor el encargado de verificar con su experiencia práctica, el momento óptimo para su incorporación.

Los abonos verdes y su proceso de descomposición

En general, las plantas están constituidas principalmente por celulosa, que puede representar hasta el 50 % de su biomasa seca, la hemicelulosa (hasta 30 %), lignina (3 %), taninos, aceites, ceras, resina y quitina (hasta 5 %) y proteína y ácido nucleico (1 a 15 %), con variaciones pronunciadas entre especies, órganos y fases de madurez. Una vez en el suelo, se inicia la

descomposición de la biomasa a través de la acción de los microorganismos, estos atacan primero a los componentes químicos menos complejos, que se encuentran en los tejidos suaves de las plantas con relación C/N baja. La celulosa, la lignina, las resinas, entre otros, que son los principales constituyentes de los tejidos duros de relaciones C/N altas, son descompuestos lentamente. En el proceso son sintetizados nuevos componentes químicos. Simultáneamente con la degradación del material vegetal se liberan sustancias alelopáticas contenidas en las células, incluyendo las que se encuentran inmovilizadas y las que forman parte de la membrana celular. El proceso de descomposición del material vegetal es variable con la calidad de los tejidos, tipo de suelo y condiciones climáticas, pudiendo los residuos de una misma planta dar origen a compuestos diferentes (Patrick, 1984).

Las leguminosas en particular poseen altos contenidos de polifenoles, alta relación polifenol: N y alta relación (lignina + polifenol): N, que sufren una lenta mineralización y no constituyen fuente de nitrógeno fácilmente disponible (Fox *et al.*, 1990; Constantinides y Fownes, 1994). Estos autores aseguran que bajos contenidos de lignina y polifenoles y baja relación C:N en los residuos, los califican como apropiados para abono verde debido al rápido suministro de nutrientes que aportan, mientras que los residuos de difícil descomposición, que presentan valores altos de estos parámetros, favorecen la formación de humus, lo cual contribuye a mejorar otras propiedades del suelo, como la capacidad de retención de humedad, agregación y liberación lenta de nutrientes, constituyendo una reserva para los cultivos subsiguientes.

La disponibilidad de oxígeno parece ser uno de los factores más importantes en el proceso. En condiciones aeróbicas, los componentes orgánicos son consumidos rápidamente por microorganismos que los utilizan en su metabolismo; estos pueden exudar componentes secundarios que entran a su vez en la dinámica de la química del suelo. Cuando el oxígeno es deficiente cesa la formación del material de origen microbiano y se forma el ácido acético, láctico, butírico y otros ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, ácidos ferúlicos, seríngico, vanílico benzoico, aminoácidos y varios productos intermediarios fitotóxicos. Estas razones justifican la necesidad del uso de abonos verdes, que como las leguminosas, son capaces de mejorar las propiedades físicas de los suelos, facilitando la circulación de agua y aire y por tanto, se facilita el proceso de descomposición de la biomasa vegetal por los microorganismos. Pero, de hecho, los abonos verdes presentan diferentes factores de mineralización (Lupwayi y Haque, 1998), resultando ser un factor importante de manejo para lograr una mejor sincronía entre la liberación del nitrógeno y los

requerimientos de los cultivos o el tiempo entre el corte de la leguminosa y la plantación o siembra del cultivo subsiguiente. Por otro lado, el conocimiento de la tasa de mineralización permite una mezcla de materiales de rápida o lenta descomposición, que favorecen un uso más eficiente del nitrógeno por el cultivo, ya que este es un elemento que se pierde con facilidad en procesos de lixiviación, volatilización y desnitrificación (Date, 1973).

Aspectos fitotécnicos a tener en cuenta en los abonos verdes

El primer aspecto a considerar en los abonos verdes es la producción de semillas, pues no resulta fácil encontrar un mercado donde se oferten; por tanto, su producción *in situ* puede resultar mucho más económica. Según García (1999), los principales aspectos a tener en cuenta se exponen en la Tabla 32, donde se proponen algunas de las principales técnicas de producción para 13 especies, que normalmente son utilizadas como abonos verdes en el trópico.

Nombre científico	No. semilla por metro lineal	Distancia Narigón (cm)	Distancia Camellón (cm)	Semilla (t.ha ⁻¹)	Ciclo floración	Ciclo Maduración	Rend. M (t.ha ⁻¹)
<i>Crotalaria juncea</i>	15-20	5-7	40-50	20-30	110-140	110-140	2.0-3.0
<i>Lupinus albus</i>	10-12	8-10	20-35	-	50-70	180-	1.3-2.3
<i>Stizolobium aterrimum</i>	3-4	25-33	100	15-20	140-170	210-260	2.0
<i>Dolichos lablab</i>	4-5	20-25	60-80	15-20	130-180	250-270	0.5-1.0
<i>Canavalia ensiformis</i>	4-5	20-25	60-100	80	100-120	170-200	0.8-1.2
<i>Stisolobium deringianum</i>	6-8	13-16	50	80	80-100	150	0.8-1.5
<i>Cajanus cajan</i>	10-15	7-10	60-150	-	140-180	150-300	1.0-2.0
<i>Leucaena leucocephala</i>	18-20	5-6	150	8	-	-	0.3-0.8
<i>Sorghum vulgare</i>	-	Chorrillo	70	30	-	-	1.0
<i>Glycine max</i>	25	5-7	70	50	50	-	1.5-3.0
<i>Vigna unguiculata</i>	10	10	70	38	50	80-110	1.5
<i>Sesbania rostrata</i>	10	10	70	80	35	-	2.0-3.0
<i>Zea mays</i>	10	25	60-90	-	40	-	2.0-3.0

Tabla 32. Normativas para la siembra de los abonos verdes (Según López et al., 2004, Pohlan y Leyva, 2001; García, 1999)

Cultivos a establecer posterior a la incorporación de los abonos verdes

En general, los abonos verdes pueden ser utilizados para cualquier cultivo, sin embargo, se recomienda que estos sean empleados para cultivos no leguminosas para evitar posibles niveles de infestación de plagas, enfermedades y arvenses, ya que de no hacerse se estaría incumpliendo con los principios de la rotación de cultivos. Cultivos de ciclo corto como los granos básicos no leguminosas, solanáceas, raíces y tubérculos y hortalizas,

parecen ser los más beneficiados, aunque las referencias de su aplicación son más de carácter investigativo que de su aplicación práctica.

El método de los cultivos mixtos (en surcos o en franjas), puede resultar el de mayor eficiencia para la aplicación práctica de los abonos verdes. Experiencias de varios investigadores señalan las bondades de los abonos verdes como cultivos en franjas. *La Sesbania spp* en el cultivo del arroz, es una experiencia practicada en la India; de igual forma, en Cuba se ha ensayado este abono verde en el cultivo de la malanga (*Colocasia spp*). También se han obtenido buenos resultados utilizando la modalidad de los cultivos mixtos, con el empleo de la *Crotalaria juncea* (García, 1999).

Ya es frecuente que se siembren dos o más abonos verdes en la misma superficie para presentar como especie de un cóctel, cuya composición puede variar de acuerdo al cultivo que se va establecer posteriormente. Para regiones del trópico húmedo y caliente, Piamonte (1996) recomienda mezclar gramíneas o poáceas + leguminosas + compuestas (Poligonáceas) en una proporción de 26, 62 y 12 % respectivamente.

Los abonos verdes y su uso en Cuba

Desde el inicio del siglo XX en Cuba, en 1907, 1909 y 1917, se lograron resultados sobre el uso de abonos verdes por la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas; de acuerdo con esos resultados, las especies más adaptadas en Cuba fueron: *canavalia*, *fríjol terciopelo*, *crotalaria*, *frijol caupí*, *gandul* y *soya* (Tabla 33)

Especies	Masa seca al aire (t.ha ⁻¹)	N (kg.ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)	K ₂ O k.ha ⁻¹)
Vigna unguiculata	13.8	326	98	295
Stizolobium deeringianum	13.4	338	62	242
Phaseolus radiatus	19.4	254	110	260
Teramnus uncinatus	29.9	492	200	490
Aeschynomene cannabina	19.1	266	100	240

Tabla 33. Aportes de nutrientes por los abonos verdes

Archivos de la Estación Agronómica de Santiago de Las Vegas. (Calvino, 1918, García, 1909).

Sin embargo, esta práctica quedó abandonada, como resultado del gran desarrollo de los fertilizantes inorgánicos a escala internacional a partir de la década del 50; de manera que la política agraria cubana asumió una posición en correspondencia con esta tendencia internacional dejándose de trabajar en esa dirección.

Posteriormente Treto *et al.*, (1995) emprendieron un trabajo de investigación, que les permitió esclarecer y recomendar una tecnología de producción mucho más en correspondencia con los aspectos de la tecnología de la agricultura biológica. Hoy se cuenta con una información lo suficientemente clara de los posibles abonos verdes a utilizar en Cuba y sus características específicas, al ser empleados en diferentes cultivos económicos (Tablas 34 y 35). Estudios mas recientes han demostrado que abonos verdes como el caupí de crecimiento indeterminado (*Vigna unguiculata*), además de sus magníficas condiciones como abono verde por sus propiedades antinematicidas, proporciona al productor alimento para el consumo humano, si se incorpora dicho abono verde posterior a la formación y el desarrollo de las primeras vainas (Leyva, 1995). Este abono verde, proporcionó al suelo bondades que favorecieron sus propiedades físicas, a través de una mejora de la densidad aparente del suelo. Tal mejora repercutió en un incremento en los rendimientos de la papa en un valor superior al testigo en 11 t.ha⁻¹. Estos resultados están en el capítulo de rotación de cultivos.

El valor de sustitución en unidades de nitrógeno por los abonos verdes, se ha determinado en cultivos como el arroz (Cabello *et al.*, 1995), así como en cultivos varios como la calabaza y la papa (García *et al.*, 1999). De acuerdo con estos autores, es posible sustituir por esta vía del 50 al 75% de las necesidades de nitrógeno en estos cultivos; también por esta vía, fue posible incrementar los rendimientos de estos cultivos entre 1 y 4 t.ha⁻¹.

Sin embargo, esta práctica no ha tenido aún la aceptación popular que se necesitaría para ofrecerla como una técnica de uso vigente en el país, salvo los trabajos que se han realizado durante el primer lustro de la década del 90, con la especie de *Sesbania rostrata* como abono verde previo a la siembra del cultivo del arroz, técnica que ha sido practicada en casi todas las áreas arroceras de Cuba, con el inconveniente en discusión sobre sus posibilidades futuras, dados los problemas que se han presentado con esta especie al comportarse como arvense dentro del cultivo, por un manejo inadecuado del cultivo y posibles problemas de durabilidad de la latencia de la semilla.

Período	Cultivos	Dosis de N óptima (kg.ha ⁻¹)	Especies de abonos verdes	Dosis máximas con el A:V	Dosis sustituida con el A:V (Kg.ha ⁻¹)	Dosis sustituida con el A.V (%)	Incremento del rendimiento (t.ha ⁻¹)
1)1986-1989	Arroz	100-150	<i>Sesbania</i>	75	70-85	50-75	1.0
2)1992-1997	Papa	164	<i>Canavalia</i>	53	111	68	2
3)1992-1997	Papa	131	<i>Canavalia</i>	67	64	49	4
4)1992-1997	Calabaza	110	<i>Crotalaria</i>	59	51	46	3.5
5)1992-1997	Calabaza	110	<i>Caupí</i>	35	75	68	-
Promedio					51-110	50-75	1.0-4.0

Tabla 34. Dosis de N a sustituir con el d Los Abonos verdes en cultivos económicos Resumen de resultados obtenidos en Cuba. (Cabello et al., 1992; García, 1995).

Tipo de leguminosa	MS	N	P	K
<i>Crotalaria juncea</i>	15	540	50	430
<i>Canavalia ensiformis</i>	11.7	426	31	170
<i>Stizolobium aterrimum</i>	6.7	240	20	124
<i>Stizolobium deerigianum</i>	13.9	483	40	218
<i>Sesbania rostrata</i>	11.7	156	13.1	128
<i>Dolicho lablab</i>	13.7	445	62	330
<i>Crotalaria paulina</i>	8.7	248	23.6	263

Tabla 35. Aportes de masa seca (MS) Y NPK (t.ha⁻¹) de especies de abonos verdes cultivados en el periodo lluvioso

En Cuba, al igual que en el resto del mundo, los abonos verdes deben triunfar por el convencimiento de los productores sobre su importancia práctica y no por lo que se escriba respecto a sus bondades; en tal sentido, se puede avizorar que su mayor oportunidad se enmarca en la técnica del policultivo, con arreglos en franjas o en surcos, según se trate de un cultivo más o menos tecnificado. También podrá ser utilizado con éxito como enriquecedor de suelos dedicados a viveros y semilleros, algo sobre lo cual ya existen algunos resultados de gran valor práctico, sobre todo para agroecosistemas montañosos.

Consideraciones finales

Los abonos verdes constituyen una alternativa nutricional y ecológica de gran aplicabilidad práctica, eficiente y viable. Sus aportes en nutrientes al nuevo cultivo son considerables y son capaces además de incrementar los rendimientos del nuevo cultivo, por sus efectos mejoradores de las propiedades físicas del suelo, por sus efectos antinematicidas, por su acción contra las arvenses como plantas ahogantes y por la retención de humedad que hacen en el suelo, lo cual favorece además las condiciones bióticas del

agroecosistema. Su aplicación práctica; sin embargo, requiere de conocimientos y cuidados para evitar pérdidas económicas en su manejo y, sobre todo, deben conocerse muy bien sus bondades y limitaciones. Por otra parte, no es conveniente que un productor maneje más de dos abonos verdes (a lo sumo tres), que deberán conservarse *in situ*, para garantizar la semilla y con ella, la estabilidad de dicha tecnología en el tiempo.

Desde el punto de vista práctico, los abonos verdes parecen tener su mayor futuro en cultivos mixtos (en surcos, en franja o ambos), faltando por desarrollar una tecnología para su incorporación al suelo más viable ecológicamente y técnicamente mucho más económica. Aunque existen diversos criterios sobre cuáles son los abonos verdes que mejores resultados han dado en las condiciones de Cuba, esto se ha debido a la experiencia de cada investigador o productor, casi siempre analizado desde el punto de vista económico; pero como ya ha sido discutido, hay que tener en cuenta además factores que desde el punto de vista práctico, pueden ser significativamente más importantes que su aparente contribución económica final.

Por sus aportes en biomasa y nutrientes, características de adaptabilidad y facilidades de manejo, son: *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, *Sesbania rostrata* y las *Vignas spp*, fundamentalmente de crecimiento indeterminado, los de mayores perspectivas, sin considerar los que puedan ser defendidos localmente por sus grandes aportes a escala de pequeños productores. Particularmente las Vignas, puedan resultar de gran provecho para cualquier productor, ya que se puede aprovechar la producción primaria de vainas (como habichuelas o granos secos), antes de su incorporación al suelo; por otra parte, este ha sido el único abono verde que además de sustituir una parte importante del fertilizante en cultivo como la papa, incrementó sus rendimientos en un 30 %, debido probablemente a la influencia que esta ejerce en mejorar las propiedades físicas del suelo, sobre todo su densidad aparente .

Los abonos verdes, como alternativa nutricional de los cultivos económicos, podrían convertirse en una opción de uso permanente para el productor, siempre que se promuevan con sus virtudes y limitaciones. En tal sentido, se deberá trabajar en correspondencia con los adelantos alcanzados por la ciencia y la técnica en su uso junto a otras alternativas orgánicas, o inorgánicas (Martín y Rivera, 2002) como los biofertilizantes, (micorrizas) y como complemento nutricional mezclado con el suelo para mejorar su calidad integral, en el llenado de bolsas para la producción de posturas de árboles frutales, narcóticas, frutales y maderables.

Bibliografía

- Allison, F. E. (1973). Soil organic matter and its role in crop production. Amsterdam: Elsevier Scientific, 637 p.
- Archivos de la Est. Exp. Santiago de Las Vegas. (García, O.: Canavalia. Cic No. 34, 1909; Calvino M. El abono verde y la rotación moderna de los cultivos. Boletín No. 39, 1918).
- Álvarez, M (2000) Los Abonos Verdes: Una alternativa para la producción sostenible de maíz, en las condiciones de suelos Ferrálíticos Rojos de La Habana. Tesis en opción al grado de MSc. INCA. La Habana, 73 p.
- Álvarez, M.; García, M. y Treto, E. (1995). Los abonos verdes: una alternativa natural y económica para la agricultura. Cultivos Tropicales, vol. 16 (3), p. 9-24.
- Cabello, R. M.; Rivero, L.; Canet, R. (1995). Uso de la Sesbania rostrata y la soya como cultivos precedentes al arroz en la reducción de la fertilización mineral. En II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, ICA, La Habana, Mayo 17-19.
- Calegari, A.; Mondardo, A.; Bulisani, E.A.; Wildner , L. DO P.; DA costa, M.B.B.; Alcántara, P.B.; Miyasaka, S.; Amado, J. T. C. (1992.). Adubacao verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro: AS-PTA, 346 p.
- Cancio, T.; Peña, J. L.; Peña, F. (1989). Uso de los abonos verdes en áreas tabacaleras de la región del Escambray. Centro Agrícola, Las Villa, 16 (4):59-67.
- Constantinides, M.; Fownes, J. H. (1994). Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. Soil Biology and Biochemistry, vol. 26, no.1, p. 49-55.
- DA Costa , M. B. B. (1991). Adubacao verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro, 350 p.
- Date, R. A. (1973). Nitrogen: a major limitation in the productivity of natural communities, crops and pastures in the pacific area. Soil Biology and Biochemistry, vol. 5, p.5-18.
- Derpsch, R.; Roth, C. H.; Sidiras, N.; Korke, U. (1991). Controle da erosao no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Deutsch Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn, 272 p.
- Fox, R. H.; Myer, R. J. K.; Vallis, I. (1990). The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their poliphenol, lignin, and nitrgogen contents. Plant and soil, vol. 129, no. 2, p. 251-259.
- Frankenberger, W. T.; Abdelmagid, H. M. (1985). Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. Plant and Soil, vol. 87, no. 2, p. 257-271.
- García, M. (1995). Abonos Verdes: Una solución Natural y económica para la agricultura. Normativa para su introducción /Margarita García, Eolia Treto y Mayté Alvarez. San José de las Lajas; INCA., 29 p.
- García, M. (1999). Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes en cultivos económicos desarrollados sobre un suelo Ferrálítico Rojo de la Habana. Tesis en opción al grado de Dra. En Ciencias Agrícolas, INCA, La Habana,. 100 p.
- KiehL, E. J. (1985). Fertilizantes Orgánicos Sao Paulo: Agronómica Ceres,.492 p.
- Leyva, A. (1995). El frijol caupí (*Vigna unguiculata*) y la Sesbania (*Sesbania rostrata*) como abono verde en el cultivo de la papa. Trabajo Inédito. INCA, La Habana, 16 p.
- Lupwayi, N. Z.; Haque, I. (1998). Mineralization of N,P,K,Ca and Mg from Sesbania and Leucaena leaves varyng in chemical composition. Soil Biology and Biochemistry, vol. 30, no. 3,p. 337-343.

- Mac Rae, R. J.; Mehuys, G. R. (1985). The effect of green manure on the physical properties of temperate areas soils. Advances in Soil Science, vol. 3, p. 71-94.
- Martín Gloria M y R. Rivera (2002) Participación de los abonos verdes en la nutrición del maíz en sistemas de producción sostenibles. Primer Encuentro Provincial de Agricultura Orgánica. Resúmenes, INCA, La Habana, Cuba
- Miyasaka, S.; Camargo, O. A.; Cavalieri, P. A. (1984). Adubacao organica adubacao verde e rotacao de culturas no Estado Sao Paulo. Fundacao Cargill, Campinas, 138 p.
- Monegat, C. (1991). Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó:Ed. Do autor, 337 p.
- Patrick, Z. A. (1984). Effect of crop residue descomposition products on plant roots. In: Horsfall, J. G y Baker, K. F. Annual Review of Phytopathology. Palo alto, Annual Review Inc., vol. 2, p. 267-92.
- Piamonte, R. (1996). Conferencia sobre abonos verdes. VI Encuentro de la RAE de Perú Piura, Peru.
- Pohlan J.; Leyva, A. (2001) La Fertilización. En: Pelan, J. (Editor): La Fruticultura Orgánica en el Cauca, Colombia.- Un manual para el campesinado- Aachen, Verlag, Shaker, 2001, 91-116.
- Primavesi, A. (1984). Manejo Ecológico do solo. A agricultura em regioes tropicais 9. Ed., Sao Paulo 2 vol.
- Treto, Eolia (1995). Estudio de varios abonos Verdes en la papa y la calabaza en un suelo Ferralítico Rojo / Eolia Treto Margarita García y Mayté Álvarez. En: Jornada Científica Técnica Pedagógica. Resúmenes UNAH (Universidad Agraria de La Habana). La Habana. p. 14.

Capítulo III

DIVERSIDAD DE PLANTAS POTENCIALMENTE ÚTILES EN LOS AGROECOSISTEMAS

ALELOPATIA

Dr. C. Ángel Leyva Galán y Ms.C. Alejandro Falcón



Crotalaria juncea, batata y col, intercalada en plátano Bainoa La Habana (Foto: A. Leyva)

Introducción

Las investigaciones referidas a los efectos alelopáticos entre las plantas, han cobrado mayor importancia después del auge de la agricultura ecológica, por sus beneficios a este proceso, aunque los resultados alcanzados en este campo aún son insuficientes para considerarlos como una solución inmediata a problemas que históricamente ha presentado la agricultura tropical, por su elevada diversidad de especie en competencia ínter específica, en cualquier cultivo económico; por tanto, al abordarse este tema, simultáneamente se está instando al lector a la investigación, pues quizás se puedan hacer nuevos aportes a esta especialidad, aún virgen en el mundo científico.

En el propio proceso de evolución de las especies vivientes, se establece una lucha por lograr una adaptación cada vez mejor a las características del ambiente, que da lugar a un proceso de intercomunicación entre ellas. Especialmente en el reino vegetal esta lucha ecológica se produce a través de interferencia, donde se ponen de manifiesto una serie de mecanismos

biológicos como respuesta, tanto a los parámetros ambientales de la competencia (la lucha por la humedad, la luz o los nutrientes) como a parámetros bioquímicos, que son el resultado de la liberación de sustancias por las especies y que contribuyen a la colonización de algunas, debido a la acumulación de determinadas sustancias tóxicas. Este proceso final es la alelopatía, que es un mecanismo natural de lucha en las sucesiones ecológicas de comunidades de especies, en las cuales los organismos se van ubicando de acuerdo a sus capacidades intrínsecas (genéticas, morfológicas y fisiológicas), hasta lograr cierta estabilidad dinámica en relación con el suelo, el clima y la topografía del lugar.

En los agroecosistemas productivos, se producen alteraciones de la biota en sus relaciones con el ambiente y se estimulan las fuerzas de sucesión ecológica, como resultado del proceso natural en busca del equilibrio. En este contexto, aparecen las plagas, las enfermedades y las arvenses, como un mecanismo de protección natural; de esa misma manera se manifiesta una acción alelopática, que según la mayoría de los autores, es un término muy general y abarca varios mecanismos.

En la naturaleza estos mecanismos actúan constantemente, siendo difícil distinguir o diferenciar sus efectos individuales, debido a las complejidades biológicas de los procesos; por tanto, la alelopatía como concepto, es el efecto beneficioso o perjudicial, directo o indirecto de una planta sobre otra, a través de compuestos químicos que son liberados al ambiente.

Definición de alelopatía

El primero en utilizar y definir el término alelopatía (de las palabras griegas *allelon* (mutuo) y *pathos* (perjuicio) fue un botánico austriaco, Hans Molisch, en el año 1937. A pesar de la precisión de su etimología, el término alelopatía ha sido interpretado de diversas maneras. Molisch engloba todas las interferencias desencadenadas entre plantas y microorganismos, provocadas por la liberación de sustancias químicas a través de sus tejidos vivos o muertos; por tanto, habrá efectos benéficos y perjudiciales provocados por un organismo donador, sobre otro receptor. Las primeras referencias de las acciones perjudiciales entre plantas, trascienden según Beltrán en 1997 (citando a Smith y Secoy 1977) a los siglos III y V A.C., hechas por Theophrastus y Democritus en la antigua Grecia. Estos autores afirmaron que el garbanzo (*Cicer arietinum*) inhibía el desarrollo de ciertas arvenses.

Sin embargo, no es hasta el siglo XIX que se inician las investigaciones sobre los efectos alelopáticos entre algunas plantas. En 1832, A. De

Candole publicó una información sobre la acción de la *Euphorbia* y la *Scabiosa* sobre la producción de Lino, así como *Lolium multiflorum* sobre la producción de trigo; este autor, concluyó afirmando que las plantas segregan sustancias por las raíces, que afectan los cultivos y presentó la teoría de que el cansancio de las tierras podía ser debido a la acumulación de productos químicos en el suelo, producidos por los cultivos anteriores y no a la falta de nutrientes.

Dada la complejidad del tema y considerando que en la naturaleza las interferencias que se establecen entre las plantas son difíciles de separar, solo se puede identificar un fenómeno como alelopático cuando se prueba que es debido a acciones bioquímicas y no a factores edáficos, climáticos o de competencia por agua, luz y nutrientes. Por estas razones, la primera demostración científica de alelopatía fue aceptada cuando se demostró que la reducción del desarrollo de la *Vigna unguiculata* cultivada sucesivamente en el mismo suelo, era debido a una sustancia química que no se logró identificar, pero que era producida por el mismo cultivo (Beltrán, 1997).

Teoría que explica la alelopatía a escala celular

Se ha señalado (Falcón, 1996) que las sustancias alelopáticas actúan sobre la membrana celular, interrumpiendo el equilibrio de las células al variar los niveles normales de agua y de los electrolitos, lo que implica una modificación del potencial osmótico, que es la causa principal de la inhibición, pudiendo ocurrir también variaciones en el Ph. También se afirma que son estructuras o inactivadores químicos de la actividad celular, actuando como antagonistas o desnaturalizadores de las auxinas, giberelinas y citoquininas. Los principales compuestos alelopáticos reportados por Rice, (1974) son los siguientes: Ácidos orgánicos simples solubles en agua, alcohol de cadena abierta o lineal, aldehído alifático, ketona, lactonas simples insaturadas, ácidos grasos de cadenas largas, Antroquinona y quinonas simples, terpenoides y esteroides, fenoles simples, ácido benzoico y derivados, ácido cinámico y derivados, cumarinas, flavonoides, taninos, aminoácidos y polipeptídicos, alcaloides y cianhídricos, purines y nucleósidos y otras misceláneas.

La principal función de los compuestos alelopáticos, según Putnam y Duke (1974), es la protección de los propios organismos que lo producen y su acción no es muy específica, pudiendo una misma sustancia desempeñar varias funciones en dependencia de su composición química, concentración y destoxicificación. Por otro lado, un compuesto que es tóxico para una especie puede ser inocuo para otra.

Las sustancias alelopáticas desempeñan varias funciones: son responsables de la prevención de la descomposición de las semillas, interfieren en su dormancia, e influyen en las relaciones con otras plantas, microorganismos, insectos y hasta animales superiores incluyendo el hombre (Lovett, 1982); por ello, los efectos de las sustancias alelopáticas más comunes se señalan a continuación:

- Inhibición de la división celular.
- Inhibición de las giberelinas y el ácido indol acético.
- Efecto sobre el intercambio de minerales.
- Inhibición o estimulación de la respiración.
- Demora de la fotosíntesis.
- Inhibición de la síntesis proteica.
- Cambios en el metabolismo de los ácidos orgánicos.
- Cambios en la permeabilidad de la membrana.
- Inhibición de enzimas específicas (pectolíticas, celulolíticas, entre otras).

Un punto de discusión en el caso de estas sustancias, es si son productos finales del metabolismo o si son sintetizados por la planta para funciones específicas; por ello, muchos los tratan como productos de desechos del metabolismo, que son derivados a la vacuola para prevenir la autotoxicidad.

Se ha observado también que estos químicos son sintetizados y degradados continuamente en células de plantas enfermas, lo que hace pensar que están bajo control genético. Aunque estos materiales se han formado como desecho, o como un metabolito de circulación rápida, son potencialmente autotóxicos para la planta, por lo cual esta tiene mecanismos de destoxicificación.

Liberación de sustancias alelopáticas al ambiente

La liberación de sustancias alelopáticas al ambiente se ha indicado que ocurre de tres formas diferentes:

a) *Transpiración de compuestos químicos volátiles de partes vivas de la planta.*

Se plantea que estos inhibidores comunes en especies de zonas semiáridas, son fundamentalmente terpenos que son liberados por esta vía afectando directamente a otras plantas, o son absorbidos por el suelo inhibiendo la germinación de otras.

b) *Lixiviación de toxinas solubles en agua, de las partes reales de la planta en respuesta a la acción de la lluvia, neblina o rocío.*

Por ejemplo, los compuestos fenólicos son solubles en agua y fácilmente extraídos de las hojas por la lluvia, tanto en las hojas vivas como en las hojas caídas cuando las membranas dejan de funcionar.

c) Por liberación de toxinas de las partes vivas de la planta.

La liberación de toxinas de las partes vivas de la planta como desechos, se puede producir por lixiviación o descomposición de estos desechos por los microorganismos. Una vez que estas sustancias han sido liberadas al ambiente, inmediatamente ellas deben acumularse en suficientes cantidades y persistir por algún período de tiempo para que puedan ejercer su efecto sobre otras plantas. Los compuestos secundarios en interacciones bioquímicas, también parecen estar envueltos en algunas funciones protectoras o de defensa de la planta. Por ejemplo, los ácidos fenólicos simples están implicados en las interacciones alelopáticas en los bosques, como en la sucesión de viejos campos. Estos mismos compuestos se adicionan a las capas lípidas en la superficie de la planta, contribuyendo a la resistencia epidermal frente a los patógenos, evitando así las invasiones y sirviendo como fitoalexinas.

Como utilizar la alelopatía en la agricultura

Es un propósito científico utilizar los aleloquímicos para la defensa de las plantas contra las plagas, así como para el control de las arvenses (por repelencia, toxicidad o inhibición). La acción en esta dirección debe iniciarse con la determinación de las plantas que tienen propiedades alelopáticas menores a las de los cultivos comerciales, es decir, que han eliminado las características alelopáticas en las diferentes sucesiones en su evolución en fitocenosis por competitividad. se puede trabajar en la incorporación de mecanismos alelopáticos seleccionados en los cultivares, utilizando plantas acompañantes que sean selectivamente alelopáticas o el empleo de secuencias rotaciones siguiendo el principio de la plantas alelopática como precedente cultural al cultivo económico; considerando que las toxinas naturales en general no son selectivas (fenoles) y podrían dañar a la propia planta.

Un ejemplo de compuestos o cultivos con actividad alelopática es la planta de cafeto; esta sufre autotoxicidad causada por la cafeína (Waller, *et al.*, 1986) citado por Falcón, (1996) la actividad antimicrobiana de la cafeína puede reducir el metabolismo de los alcaloides provocando la retención y acumulación de cafeína, además de otras sustancias formadas por microorganismos que también pueden ser fitotóxicos. Por tanto, la cafeína, que es un factor de protección de la planta de cafeto, en un ambiente hostil puede reducir la vida del cafetal. También al girasol se le atribuyen grandes efectos alelopáticos. Sus extractos acuosos alteran el balance de agua e

inhiben el crecimiento del *sorghum*, además de presentar efectos alelopáticos en otras muchas gramíneas.

Algunas plantas promueven un número considerable de sustancias biológicamente activas, que al ser liberadas al medio ambiente influyen en otras especies. Esos compuestos pueden influir en los procesos reguladores de la germinación y en el crecimiento y el desarrollo de las plantas superiores (Nicholas, 1987; Bowen, 1991). Pero los efectos alelopáticos encontrados en la naturaleza son de carácter positivo y negativo. El grado y tipo de afectación aparecen en dependencia de los factores influyentes, como son las especies o variedades, los residuos, la cantidad, el lugar y las condiciones climáticas, los estados nutricionales del suelo y su actividad microbiana (Mason-Sedun, 1986). Por tanto, se puede afirmar que la alelopatía es un fenómeno muy amplio, que incluye interacciones químicas entre muchas especies de plantas, tanto multicelulares como microbios. Las influencias más conocidas son las que se le atribuyen a una especie sobre otra (efectos interespecíficos), pero existen casos bien documentados en que una planta produce toxinas que inhiben a otras de su misma especie.

Los efectos alelopáticos negativos han sido más documentados que los positivos y los científicos creen que los primeros tienen mayor impacto sobre la productividad agropecuaria. La distinción entre "estimulante" e inhibidor no está siempre bien definida, ya que un compuesto alelopático puede estimular el crecimiento y desarrollo de un cultivo a cierta concentración e inhibirlos a concentraciones ligeramente más altas. Por tanto, una sustancia alelopática puede afectar un cultivo en forma negativa o positiva, según su concentración (Blum *et al.*, 1991).

Efectos alelopáticos

Los efectos alelopáticos pueden ser positivos y negativos. Los primeros existen en menor proporción respecto a los segundos. Ejemplos de los primeros son los productos comercializables que prueban su utilización práctica como efectos alelopáticos positivos; tal es el caso del etileno, el cual es un germinador efectivo, aunque su uso en países en desarrollo es mínimo. Sustancias como la quinona y la juglona han sido reportadas como repelentes de insectos, también el tanino repele a diversos lepidópteros: los ácidos fenólicos están en la epidermis, confiriéndoles resistencias al ataque de patógenos (Almeida Souza., 1988).

Por lo general, los efectos negativos son superiores cuando se practican labranzas cero o de conservación, debido a la mayor cantidad de residuos

que se dejan intencionalmente sobre los suelos. No sólo ocurren efectos negativos entre plantas, también los microorganismos producen sustancias químicas que inhiben otras y en ocasiones se presentan efectos sobre animales, como sucede con *Tagetes minuta*, cuyas raíces liberan en el suelo ciertas toxinas capaces de inhibir el desarrollo de nemátodos del género *Pratylenchus* (Lorenzi, 1992).

Los efectos dañinos de la alelopatía generalmente tienen lugar cuando las sustancias son liberadas en los suelos, por la descomposición de los residuos de plantas. La papa y ciertos pastos liberan toxinas que afectan los manzanos (Bowen, 1991).

Los efectos alelopáticos de los cultivos sobre las arvenses es poco común en la naturaleza. Muchos autores han estudiado la capacidad alelopática inhibitoria de algunos cultivos sobre arvenses con importancia económica. Se conoce de una 100 especies de arvenses capaces de producir efectos alelopáticos en varios cultivos. Ejemplo de ellas es el uso de las hojas de *Parthenium hysterophorus*, que incorporadas al suelo inhiben el desarrollo del cultivo del tomate, al parecer debido al contenido de sus compuestos químicos, pues trabajos recientes han demostrado su eficiencia en el combate de algunas plagas en cultivo económico (CUPR, 1998) Dilday *et al.* (1992) probaron el potencial alelopático del arroz para el control de arvenses de varias especies como *Heteranthera limosa*, *Amnannia eoecivea*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Brachiaria platyphylla*. También observaron en pruebas de campo, la reducción del crecimiento de dos arvenses: *Echinochloa crus-galli* y *Cyperus irria*. Estos mismos autores verificaron que residuos de girasol en la fase de madurez del capítulo floral, e incorporados al suelo antes de la siembra del algodón y la soya, incrementaron los rendimientos en estos dos cultivos a las dosis de 16 000 kg.ha¹ y 32 000 kg.ha¹ de material incorporado, así como se redujo la emergencia de arvenses como *Ipomoea hederacea*, *Ipomoea lacunasa*, *Sida spinosa* y *Abutilon theophrasti*, en los cultivos de soya y algodón. Los estudios del girasol indicaron el potencial existente en la planta como cobertura en algunos cultivos, lo que reduce insumos (herbicidas) en el control de arvenses en algodón y soya.

En la tabla 36 se recoge la información conocida de efectos alelopáticos de cultivos sobre arvenses.

Cultivos	Arvenses	Cultivos	Arvenses
Arroz	<i>Heteranthera limosa</i> <i>Ammania oecivea</i> <i>Brachiaria platyphylla</i> <i>Cyperus rotundus</i>	Soya	<i>Abutilon theophrasti</i> <i>Setaria italica</i>
Pepino	<i>Cyperus rotundus</i> <i>Panicum miliaceum</i> <i>Brassica hirta</i>	Batata	<i>Arvenses en general</i>
Girasol	<i>Echinochloa colonum</i> <i>Cyperus spp.</i> <i>Ipomoea spp.</i> <i>Sida spinosa</i> <i>Abutilon theophrasti</i> <i>Cynodon dactylon</i>	Sorgo de grano	<i>Echinochloa colonum</i> <i>Rottboellia cochinchinensis</i> <i>Amaranthus retroflexus</i>

Tabla 36 Efectos alelopáticos de cultivos sobre arvenses.

Se han reportado asociaciones que resultan positivas en cuanto a las relaciones que se establecen entre los cultivos, por ejemplo: algunos autores como Fujii, *et al.*, (1992), obtuvieron buenos resultados cuando asociaron *Mucuna puriens* y maíz, ambos cultivos mostraron efectos positivos en el crecimiento y desarrollo; también se estimuló el crecimiento de *Phaseolus vulgaris*, cuando se cultivó junto a *M. Puriens*. El maíz en presencia de *Rumex cripies* (lengua de vaca) y *Cyperus esculentus (titerica)* merma su desarrollo inicial (Lorenzi, 1992). También existen asociaciones de cultivos que resultan antagónicas, como es el caso del pepino y el girasol que compiten por el boro (Primavesi, 1991).

Metodología para conocer los efectos alelopáticos

El método más utilizado es el de extracción en agua fría, a través del mojado simple de las partes vivas o secas de la planta. Después de extraer del material las sustancias fitotóxicas, se filtran o centrifugan antes del ensayo con la técnica de placas petri, en suelo en solución nutritiva. La extracción a través de agua hirviendo y autoclaveo se utiliza fundamentalmente para aumentar la difusión de los químicos solubles y en la fase acuosa y para eliminar la influencia microbiana. La extracción con solventes orgánicos posibilita obtener una gama amplia de sustancias fitotóxicas.

Las pruebas rigurosas de alelopatía requieren de cuatro pasos:

- 1- Observación, descripción y cuantificación
- 2- Aislamiento, caracterización y síntesis de la toxina sospechada.
- 3- Reproducción de los síntomas a través de la aplicación de la toxina en proporciones adecuadas y a tiempo en la naturaleza.
- 4- Control de la liberación, del movimiento y la absorción, y la demostración de que son suficientes para causar los efectos observados.

Resultados sobre alelopatía en Cuba

La alelopatía en Cuba era prácticamente desconocida antes de 1980. Uno de los primeros trabajos corresponde a los realizados por Hernández (1982), experimentando con plantas de fríjol var. ICA-Pijao, Tomate var. Nova II y Cebolla var. Red Creole, infestó previamente el suelo con residuos de rizomas y follaje de *Cyperus rotundus* a diferentes concentraciones 0.5 %, 1 % y 2 % posteriormente sembró las plantas de cultivo anteriormente citadas. Obtuvo como resultados una reducción de la masa verde de la cebolla y el tomate con la incorporación de rizomas; con follaje verde solo se afectó al tomate. En este mismo año se realizó un estudio de la incorporación de masa vegetal de *Sorghum halepense* y *Cynodon dactylon*, donde se observó que se afectaron los valores de masa verde de los cultivos de fríjol var. ICA-Pijao, tomate var. Nova II, cebolla var. Red creole y pepino var. Poinset. Posteriormente, Báez (1983), continuando el trabajo iniciado por Hernández (1982) obtuvo que la mezcla de follaje verde, más raíz, y tubérculos de *Cyperus rotundus* en concentración 0,5 %, 1% y 1.5 %, produjo un efecto depresivo sobre la caña de azúcar var. Ja. 60-5, la concentración de 1.5 % ocasionó el mayor efecto de reducción de la emergencia de las plantas y su follaje. Al año siguiente, González (1984) encontró que los valores obtenidos en cuanto al efecto de secreción de plantas de frijol, maíz, soya, caña de azúcar a las concentraciones de 2.5 y 10 %, demostraron efecto inhibitorio sobre la germinación y el crecimiento de *Cyperus rotundus*.

Para las condiciones de Cuba, se han realizado trabajos encaminados a la rotación de cultivos de ciclos cortos, en los que se tiene en cuenta evitar los efectos de sustancias inhibidoras dejadas en el suelo y que no se genere una incompatibilidad entre los cultivos. Al respecto, Bearina (1994), experimentando con extractos acuosos de partes aéreas y radiculares de maíz, canavalia y caupí, encontró efectos inhibitorios sobre la germinación de semillas botánicas de papa var. Desiree por parte de los extractos. También Kottir, en ese mismo año, encontraron efectos alelopáticos negativos de los extractos acuosos de partes aéreas de maní, pepino y sesbania sobre el proceso de germinación botánicas de papa; se presentó,

además, una afectación en el resultado final del peso de la biomasa formada de las plántulas de papa.

Peña *et al.*, (1993), experimentando con extractos acuosos de *Panicum maximun* (guinea común) y *Sida acuta* (malva de caballo) sobre la germinación de semilla botánica de las especies: *Leucaena leucocephala*, *Dolichos lablab*, *Zea mays* y *Sorghum vulgare*, obtuvieron que la germinación de *Dolichos lablab* y *Leucaena leucocephala*, se redujo en un 12 % y 14 % con respecto al testigo, al utilizar el extracto de guinea común y en un 6% y 8% al emplear el de la malva de caballo. Según Rodríguez *et al.* (1993), el efecto alelopático de extractos acuosos de hojas de piñón florido (*Gliricidia sepium*) fue probado sobre la germinación, el crecimiento de la radícula y del hipocotilo de las semillas de las especies arvenses monocotiledóneas: *Digitaria adscendens* y *Echinochloa colonum* y las dicotiledóneas: *Amaranthus dubius* y *Portulaca oleracea*., así como los cultivos de trigo var. Cuba C-204 y tomate Var. Cambell 28. Los resultados mostraron que a dosis de 700 g/l se inhibió la germinación de *A. Dubius*, *D. Adscendens* y tomate; *E. Colomun* y trigo fueron más resistentes a esta dosis. *A. A. dubius* fue muy susceptible y a partir de 100 g/l paralizándose la germinación. El trigo fue más resistente a la germinación, aunque hubo una influencia negativa en el crecimiento del hipocotilo y la radícula; el tomate sufrió mayor afectación en estos parámetros.

En un estudio de campo, Caparicón y Beltrán (1995) encontraron que la soya, asociada al girasol, mostró una influencia positiva en cuanto a su crecimiento y rendimiento, manifestándose igual comportamiento en el girasol. Sin embargo, otra leguminosa como el fríjol negro asociada al girasol, tuvo un comportamiento desfavorable en cuanto a su rendimiento, ocurriendo lo contrario en el girasol, el cual presentó rendimientos superiores en comparación con el girasol sembrado en monocultivo. En este mismo trabajo, dicho autor verificó un antagonismo mutuo entre plantas de maíz y girasol asociadas. De acuerdo con la información obtenida por Mejías (1991), existe cierta afinidad entre determinados cultivos, todo lo cual ayuda o contribuye a una planificación más eficiente en sistemas de policultivos, asociados o en rotación. También hace referencia a las antagonistas (Tabla 37).

CULTIVOS	SIMPATÍA
Espárragos	tomate, perejil albahaca
frijol	papa, zanahoria, pepino, coliflor
- Frijol de arbusto	papa, maíz, pepino, fresa, apio
Frijol de enredadera	Maíz
Remolacha	cebolla, colinabo
Repollo, coliflor brócoli	plantas aromáticas, apio, enaldo, manzanilla, salvia, menta, romero, remolacha, cebolla
-Zanahoria	Arveja, lechuga, cebolla, rábano puerro, romero, salvia, tomate,
- Apio	Tomate, puerro, coliflor, repollo
- Maíz	Arveja, frijol, pepino, zapallo.
Pepino	Frijol, maíz, arveja, rábano.
Cebolla y Ajo	Remolacha, fresa, tomate, lechuga, manzanilla.
Perejil	Tomate, espárrago
Papa	Frijol, maíz, repollo, berenjena
Rábano	Arveja, lechuga, pepino
Soya	Cualquier poácea
Zapallo	Maíz
Fresa	Lechuga, borraja
Girasol	
Calabaza	Maíz
Tomate	Cebolla, perejil, espárrago, zanahoria, caléndu.
Cultivos	Antagónicos
Frijol	Cebolla, Ajo, Gladiolo
Frijol arbusto	Cebolla
Frijol de enredadera	Cebolla, Remolacha, Girasol
Remolacha	Frijol enredadera
Repollo, Coliflor	fresa, Tomate, Frijol enredadera
Apio	Ninguno
Maíz	Frutales de hojas caduca
Pepino	Papa, Yervas aromáticas
- Cebolla y Ajo	Arveja, Frijol
Perejil	Ninguno
Papa	Calabaza, Zapallo, Pepino, tomate, Girasol
Calabaza	Papa
Soya	Ninguno
Fresa	Repollo
Girasol	Papa
Tomate	Papa, Hinojo, Repollo

Tabla 37 Cultivos comunes y sus afines en simpatía y sus antagónicos.

Potencialidades de las oligosacarinas como principios activos para el diseño de productos de interés agrícola

En un mundo en el que crece continuamente la preocupación por la utilización indiscriminada de químicos en la agricultura que ha provocado la destrucción y alteración ecológica de los suelos agrícolas, la aparición de razas de patógenos y plagas resistentes a un gran número de productos químicos, así como otras alteraciones medio ambientales y a la salud humana resulta de gran importancia e interés el estudio y la utilización de moléculas naturales, inocuas al medio ambiente y estimulantes de los rendimientos agrícolas y de la resistencia contra enfermedades.

Las plantas tienen la capacidad de defenderse de la mayoría de los microorganismos, potencialmente patógenos, que habitan en su entorno. De forma general ellas presentan barreras estructurales y compuestos químicos que impiden el avance de infecciones. Además de estos mecanismos defensivos preestablecidos las plantas pueden inducir la expresión de numerosos genes defensivos, tanto local como sistémicamente en todos los tejidos, cuya acción coordinada logran detener el establecimiento de una enfermedad. Estos mecanismos defensivos pueden ser estimulados por moléculas de origen biótico o abiótico llamadas elicidores. Los elicidores inducen una o más reacciones en cascadas que usualmente resultan en una respuesta de necrosis hipersensible, la activación de la síntesis de enzimas líticas y relacionadas con la patogénesis, la acumulación de compuestos tóxicos para los microorganismos, además de engrosamiento de la pared celular por lignificación y deposición de calosa. Las diferencias espacio-temporales en la expresión de estos genes defensivos en la planta parecen ser esenciales para determinar la susceptibilidad o resistencia de esa planta al ataque de un patógeno (Kombrink et al 1993). Basado en este concepto, ha emergido un gran impulso, en el campo del manejo de enfermedades de plantas, para la obtención y utilización de productos novedosos que sean eficientes, confiables y seguros para el medio ambiente, cuyo uso sea a través de la manipulación artificial de los mecanismos defensivos naturales de las plantas (Lyon, G.D et al. 1995; Ye, et al., 1995).

Las oligosacarinas. Conceptos relacionados

Las oligosacarinas fueron descubiertas como resultado de los estudios realizados durante las décadas de los 70 y los 80 vinculados a dos temas de gran importancia en biología vegetal. Por una parte múltiples grupos del primer mundo estudiaban la interacción planta-microorganismos, especialmente las respuestas de la planta a patógenos y predadores, así como las señales vinculadas con estas respuestas y por otra parte un número menor de investigadores liderados por el Dr. Peter Albersheim del

centro de carbohidratos complejos de Georgia, estudiaban la estructura y componentes de la pared celular de las plantas bajo la sospecha de que debido a la complejidad de la misma era muy probable que sus funciones en la planta no solo fueran las de sostén, forma y protección del contenido celular. Ambas líneas confluyeron en resultados de gran importancia que revolucionaron conceptos y puntos de vista en ambos temas. De esta forma se conoce hoy que la pared celular de las plantas es además de reservorio o sostén celular un depósito de hormonas que actúan en una variada gama de funciones en la planta, posiblemente mediante acción directa o indirecta sobre las llamadas hormonas tradicionales de la planta, y especialmente en la elicitation de respuestas defensivas y de la resistencia de la planta contra patógenos y predadores.

Algunos de los estudios mencionados permitieron establecer el concepto de elicidores al descubrir una amplia gama de compuestos químicos e incluso físicos (luz UV) que provocaban al ser percibidos por la planta la inducción de respuestas defensivas y en algunos casos protección contra diversos enemigos. Mientras como Oligosacarinas se conocen polisacáridos y oligosacáridos presentes como componentes estructurales de la pared celular de plantas y microorganismos que una vez percibidos por la membrana celular de las plantas provocan diferentes efectos biológicos en el vegetal entre los que se destacan la promoción del crecimiento y desarrollo de órganos específicos o de la planta completa, cambios morfogenéticos y la inducción de respuestas defensivas contra patógenos y predadores. Por este último efecto las oligosacarinas son consideradas también elicidores.

Tipos de Oligosacarinas.

Las oligosacarinas son liberadas de las paredes celulares de plantas y microorganismos como resultado de la interacción que ocurre, por ejemplo, entre plantas y hongos fitopatógenos donde mediante enzimas específicas de ambos contendientes se desprenden los fragmentos oligosacáridos de ambas paredes que constituyen las señales primarias que conllevan a la respuesta defensiva de la planta una vez percibidos estos fragmentos. De esta forma, las oligosacarinas que se liberan de paredes celulares de las plantas son llamadas endógenas mientras que las que se desprenden de las paredes celulares de los patógenos por acción enzimática de la planta son conocidas como oligosacarinas exógenas.

Entre las oligosacarinas endógenas las más conocidas y estudiadas son los oligogalacturónidos y los xyloglucanos. Los primeros son oligosacáridos lineales de ácido galacturónico de diferente grado de polimerización que conforman las pectinas de la pared celular de la planta. Mientras los

xiloglucanos son cadenas lineales de glucosa interrumpidas por xilosas que forman cadenas laterales con otros azúcares.

Entre las exógenas son conocidos los derivados de quitina, un polímero de N-acetil glucosamina del cuál se deriva mediante eliminación del grupo acetilo la quitosana, compuesto más soluble y activo que la quitina en cuanto a acción contra fitopatógenos.

Es conocido también, un grupo de oligosacarinas que de forma natural son sintetizadas y excretadas por las bacterias de la familia Rhizobiaceae como respuesta a señales químicas excretadas por las raíces de las leguminosas. Son estructuralmente lipo-quitin oligosacáridos que sirven como señales específicas para cada interacción Rhizobium-Leguminosa, una vez percibida por las raíces de la planta, para comenzar la formación de los nódulos donde se alojará la bacteria simbiótica.

Fuentes de obtención

No obstante el origen mencionado, las oligosacarinas pueden ser extraídas de otras fuentes más ricas en los polisacáridos que las que estas contienen, así la pectina cítrica comercial es la fuente principal para obtener oligogalacturónidos mientras que las semillas de tamarindo son ricas en xiloglucanos. El exoesqueleto de los crustáceos es muy rico en quitina y esta se extrae en grandes cantidades a nivel mundial principalmente de cangrejo, camarón, langosta y langostinos.

En Cuba, el grupo de productos bioactivos del INCA desarrolló una metodología de obtención de una mezcla de oligogalacturónidos activos biológicamente en plantas conocido como Pectimorf a partir de pectina cítrica y trabaja actualmente en el desarrollo de una metodología para la preparación de un producto de quitosana conocido como Actisan derivado de quitina de exoesqueleto de langosta cubana. Ambos productos han demostrado diferentes efectos biológicos en plantas de cultivo.

Resultados y perspectivas de los productos cubanos

El Pectimorf promueve el desarrollo de raíces en plantas a concentraciones entre 1 y 20 mg/L en experimentos de tratamiento de semillas, estacas y mediante aspersión foliar y combinación de las formas de aplicación mencionadas en tomate, frutales y plantas ornamentales. Los incrementos en el desarrollo foliar y el crecimiento de la planta también han sido observados en solanáceas y leguminosas así como de los rendimientos en Soya y frijoles. Se probó, además, la inducción de respuestas defensivas en tomate mediante aspersión foliar.

En el cultivo in vitro el Pectimorf ha sido ampliamente estudiado demostrándose sus capacidades como sustitutas de hormonas tradicionales, auxinas y citoquininas, en diferentes estadios y en diversos cultivos: caña de azúcar, café, cítrico, papa, tomate, tabaco, banano, arroz, ajo, entre otros. En este caso también se ha observado beneficios al cultivo como la promoción del enraizamiento, el incremento de brotes, así como resultados beneficiosos en el estadio de adaptación ex vitro. Otros resultados encontrados con el Pectimorf son el retraso en la apertura de flores recién cortadas, específicamente en rosas y el incremento de brotes en violetas tratadas por aspersión del producto.

El Actisan ha sido probado fundamentalmente como agente protector contra patógenos fungosos ya que tiene la característica de, además de inducir respuestas defensivas y resistencia en plantas, inhibir el crecimiento in vitro de hongos fitopatógenos entre los que se cuentan *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pyricularia*, *Fusarium*, entre otros. Por otra parte resultados del grupo demostraron la protección del arroz contra *Pyricularia grisea* y del tabaco contra *Phytophthora parasitica*, agentes causales de las principales enfermedades fungosas en el país, de ambos cultivos, respectivamente. No obstante, es conocido a nivel mundial el uso de productos con base quitosana para la protección de los cultivos contra patógenos fungosos, bacterianos y virales. Por otro lado, estos productos han mostrado influir también el crecimiento, desarrollo y el incremento de los rendimientos mediante tratamientos previos de las semillas o la planta, por lo que ya existen algunas patentes y marcas comerciales de productos con base quitosana. Debido a las características químicas y biológicas de ambos productos es recomendable su utilización mediante tratamientos previos de semillas y estacas y la aspersión foliar sobre las plantas y frutas con el objetivo de protegerlas contra patógenos del suelo, foliares e incluso pos-cosecha en el caso de frutas así como para promover el crecimiento y desarrollo vegetativo y el incremento de los rendimientos en algunos cultivos.

Bondades ecológicas

El propio origen y estructura química oligosacárida de las oligosacarinas habla ya de sus posibles características no tóxicas; los oligogalacturónidos que forman parte del Pectimorf se extraen mediante hidrólisis enzimática de pectina cítrica utilizada en la industria alimenticia y el producto final es biodegradable por microorganismos del suelo una vez aplicado, no quedando trazas del producto en la planta . Algo similar sucede con los productos basados en quitosana ya que aunque esta puede ser tóxica para algunos fitopatógenos del suelo resulta una fuente de carbono excelente para otros. Por otra parte, los productos de quitina y quitosana son

ampliamente utilizados para la medicina humana, la cosmética y en la industria debido a su inocuidad para el hombre. En la actualidad la quitosana que el laboratorio utiliza para desarrollar el Actisan se prepara a partir de quitina con calidad farmacéutica.

Consideraciones finales

La alelopatía es un nuevo tema vinculado a la biodiversidad, fruto del desarrollo científico técnico, de la cual se podrá obtener suficiente información para el desarrollo de la ciencia agrícola, cuando se tengan resultados de aplicación práctica. En ese sentido, parece existir mucho más futuro en lo referente a la síntesis de compuestos artificiales a partir de la extracción directamente de los compuestos alelopáticos originales, que su utilización en el campo; pues si bien es cierto que algunas plantas tienen un efecto alelopático bien definido, muchos de los resultados que recoge la bibliografía, son referidos más bien a trabajos desarrollados en condiciones de laboratorio.

Regularmente un efecto alelopático observado en el laboratorio pierde su efectividad en condiciones de campo, como consecuencia de la acción de los componentes climáticos en interrelación con los numerosos microorganismos existentes en el suelo en medio libre que los descomponen. Por todo lo anteriormente planteado, los defensores del tema deberán trabajar en la búsqueda de nuevas evidencias sobre dichos efectos directos en condiciones de campo, que puedan incrementar su aplicabilidad práctica y con ello una mayor participación del concepto alelopatía en la agricultura sostenible. En este sentido, cada productor deberá investigar y por otra parte probar las propuestas más efectivas y personalmente definir las que desde un punto de vista práctico funcionan mejor. No obstante, La alelopatía puede resultar una opción importante de la interferencia de algunas especies, y puede ser la base de una estrategia para el ordenamiento de la vegetación, al intervenir en cambios de la distribución de especies y en alteraciones de su dominancia en los agroecosistemas.

En la medida en que se hagan cada vez más restrictivos los estudios sobre los mecanismos de interferencia biótica entre los cultivos y arvenses, especialmente a través de las interacciones alelopáticas, éstas tendrán mayor fuerza en su perspectiva para el desarrollo de la agricultura ecológica.

Bibliografía

- Almeida, F. S. *et al.*, 1988. Efeitos Alelopáticos e de competicao da B. Plantaginaria na soja. In: Congreso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas, 16 Campo Grande,. Resumos.Campinas, Sociedade Brasileira de Herbicidas e Ervas Daninhas, p. 5-6.
- Almeida, F. S. Alelopatía e as plantas. /F.S. Almeida. Londrina: IAPAR, 1988. 60 p
- Báez Estrada, J. 1986 Aspectos Biológicos y Tratamientos Químicos de Lucha contra *Cyperus rotundus* L. Parte II. /J. Báez; R. Labrada, Tutor. Trabajo de Diploma; ISCAH. 86 p.
- Beltrán L. (1997) Efectos Alelopáticos del Girasol (*Helianthus annus* L.) intercalado con cultivos económicos de ciclo corto/ A. Leyva, Tutor. Tesis en opción al grado de Master en Agroecología y Agricultura Sostenible, UNAH, CEAS, La Habana, 82 p.
- Blum, U. *et al* 1991..Phenolic acid content of soils from wheat conventional till, and fallow- Conventional till soybean cropping systems. *Journal of Chemical Ecology*, vol. 6, no. 17, p. 1045-1067
- Bowen, J. E. 1991 Las Alelopáticas en la Producción Agrícola. Agricultura de las Américas. vol. 40, no. 1, p. 8:11.
- Caparicon, Lucy. 1995 Efectos Alelopáticos del Girasol (*Helianthus annus* L) sobre diferentes cultivos Económicos en sistemas de policultivos. /Lucy Caparicon; L. Beltrán Reyes, Tutor.- Trabajo de Diploma. ISCAH.,
- Bearina, C. 1994 Efectos Alelopáticos de Maíz, Canavalia y Caupí sobre la germinación de Semilla botánica de la papa (*Solanum tuberosum*)/ Bearina Carlos; A. Leyva, Tutor.- Trabajo de Diploma. ISCAH.
- Dilday, R. M. *et al* 1992.. Weed control: with crop allelopaty. *Arkansas Farm Research*, vol. 41, no. 4, p. 14-15.
- Falcón, A. (1996). Alelopatía. Conferencia. (Inédita) Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) La Habana Cuba, 28 p.
- Fujii, Y. *et al*1992.Allelopathy of velvet bean its descrimination and identification of L-Dopa as a landidate of allelopathic susbstances. *JARQ* , vol. 25, no. 4, p.238-247.
- Hernández de Armas, J. Aspectos biológicos y tratamientos químicos de lucha contra *Cyperus rotundus* L. /J. Hernández; R. Labrada, Tutor.- Trabajo de Diploma. ISCAH, 1982.
- Kottir, F. 1994 Efectos alelopáticos de los cultivos económicos; maní, pepino, sesbania sobre la germinación de la semilla botánica de la papa (*Solanum tuberosum* L:). /Félix Kottir; A. Leyva, Tutor.- Trabajo de Diploma, ISCAH
- Lorenzi, H. 1992 Inhibicao alelopatica de plantas daninhas: Manuel de Agricultura Orgánica. /H. Lorenzi. Cooperativa dos productores de azúcar e alcohol do estado de Sao Paolo.
- Lovett, J. V. 1982 Allelopathic and self-defence in plants. *Australian Weeds*, vol. 2 - 1, p. 33-36.
- Mason-Sedun, W.; Jessop, R. S. y Lovett, J. V. 1986 Differential phytotoxicity species and cultivars of genus Brasca to wheat. *Plant and Soil*, vol. 93, no. 1, p. 3-16.

Mejía C., J. 1991 Manual de Alelopatía básica y productos botánicos, 1ra. Ed., Editorial Kinggraf LTDA, Santa Fé de Bogotá.- Bogotá, Colombia.

Nicholas, A. 1987 Alelopatía. CIDA. Información Express 11(3): 24-26.,

Peña, M. /et al., 1993. Efectos alelopáticos de la hierba de Guinea (*Panicum maximum*) y la malva de cochino (*Sida acuta*) sobre la germinación en 4 especies utilizadas como pastos y forrajes. Resumenes. Jornada Científico Técnica Pedagógica, ISCAH.

Primavesi, Ana M., (1991) Tirando proveito das amizades. /Ana M. Primavesi.- En: Manual de Agricultura Orgánica.- Sao Paulo: Editorial Abril, 1991. - p. 156-157.- (Guía rural).

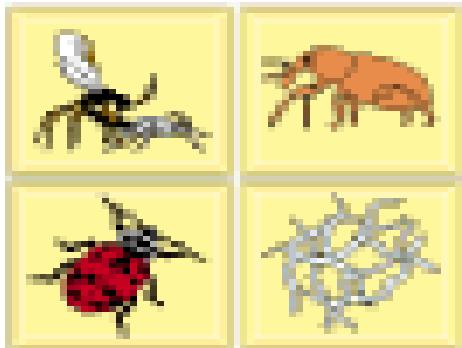
Putnam, A. R. y Duke, W. D. 1974 Biological supression of weeds: evidence for allelopathy in cessions of cucumber. *Science*, , vol. 185, p. 370-372.

Rodríguez, Ana Beatriz 1993 Efecto alelopático del extracto acuoso de hojas de piñón florido (*Gliricida sepium Kacq*) Resúmenes Bioplag'93 INIFAT.

Putnam, A. R. y Duke, W. D. 1978 Allelopathy in Agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, vol. 16, p. 431-451.

**DIVERSIDAD DE ORGANISMOS EN LA REGULACIÓN DE PLAGAS QUE AFECTAN LOS CULTIVOS
CONTROL NATURAL Y BIOLÓGICO**

DraC. Moraima Suris, DraC. Esperanza Rijo y MSc. Esteban González



Introducción

Toda población de organismos vivos comparte un conjunto de atributos que se expresan según las características intrínsecas de cada especie, entre los cuales la capacidad de reproducción constituye un aspecto esencial a través del cual cada una garantiza su existencia, al elevar el número de sus integrantes. Sin embargo, ni aún en ecosistemas no perturbados este crecimiento ocurre hasta el infinito como resultado de procesos reguladores que restablecen el balance de las poblaciones y que constituye el llamado control natural.

Rodríguez del Bosque (1999) lo refiere como el mantenimiento de la densidad de una población, que fluctúa dentro de ciertos límites inferior y superior durante un período de tiempo, como consecuencia de la acción combinada de todos los factores (bióticos y abióticos) del medio ambiente. Este mismo autor, señala como un error considerar sinónimos los términos control y regulación, ya que se refieren a diferentes procesos que producen diferentes efectos sobre las poblaciones. El control se refiere a factores de supresión que destruyen un porcentaje fijo de la población independientemente de su densidad, con efectos durante períodos cortos y fomenta las fluctuaciones altamente variables de las plagas, mientras que la regulación incluye el efecto de los factores del medio ambiente cuya acción es determinada por la densidad de la población; es decir, se destruye un porcentaje más alto cuando se incrementa la población y viceversa. El efecto de regulación es el mantenimiento de las poblaciones de los fitófagos y su enemigo natural en equilibrio dentro del nivel inferior y superior por un tiempo indefinido.

Con el desarrollo de los agroecosistemas surgen las plagas. En la medida que el hombre se dedicó a observar el comportamiento, tanto de estas, como de sus reguladores y el desarrollo de la agricultura como ciencia, permitió que ya en el siglo XIX se valorara la idea del uso de los enemigos naturales por el hombre para combatir las plagas y preservar los cultivos. Se conocen ejemplos aislados del uso de organismos vivos para el combate de insectos perjudiciales ocurridos en Asia durante la Edad Media con el uso de la hormiga tejedora (*Ooecophilla smaragdina*) o a finales del siglo XVIII en Europa cuando se descubre que los coccinélidos se alimentaban de los áfidos del lúpulo, sin embargo no es hasta 1888, con la introducción en los Estados Unidos del coccinélido *Rodolia cardinalis* para el control de *Icerga purchasi*, que se marca el inicio del Control biológico en el mundo. Así el control biológico se convierte en el uso intencional de los enemigos naturales por el hombre para el control de los organismos nocivos a los cultivos, pasando a ser conocido como control biológico aplicado.

Agentes que ejercen el control biológico

Se conocen cuatro tipos de agentes de control biológicos, ellos son según la definición dada por Ospina (1990) y Rodríguez del Bosque (1990) los siguientes:

Parásito: Especie animal que se alimenta (dentro o afuera) de otro animal más grande (huésped) al que generalmente destruye. Un parásito solamente requiere de un huésped (o una parte de él) para alcanzar la madurez. Los parásitos generalmente pasan durante su ciclo por un estado libre que dura muy poco y que está ligado a la dispersión de su hospedante. Un ejemplo típico son los nemátodos parásitos.

Parasitoide: Son Insectos parásitos de otros artrópodos. Es parasítico solamente durante los estados inmaduros, los que destruyen el huésped durante el proceso de desarrollo; vive libremente en el estado adulto. En mayoría pertenecen a los órdenes Díptera e Himenóptera.

Depredador: Es el animal que se alimenta de otro (presa) normalmente menor y más débil, al que devora completamente en un tiempo relativamente corto. Un depredador vive libremente, busca, ataca y consume por lo general más de una presa para completar su desarrollo y alcanzar la madurez. Son menos específicos que los parásitos o parasitoides o patógenos e incluye especies de coccinélidos, hemípteros, neurópteros y dípteros entre otros.

Patógenos: Pertenecen al grupo de Microorganismo capaces de causar una enfermedad a otro organismo. Los patógenos pertenecen a varios taxones que incluyen virus, bacterias, hongos y protozoarios. Los patógenos son transmitidos de forma pasiva hacia su hospedante y la infección ocurre generalmente luego de ser consumidos o como en el caso de los hongos pueden penetrar por contacto.

Tipos de controles biológicos.

El control biológico se clasifica según el tipo de plaga que se pretenda controlar:

Si la plaga es de reciente introducción en un área a la cual llega libre de sus enemigos naturales y si se introducen enemigos del área de origen de la plaga exótica, se denomina control biológico clásico.

En el caso de plagas nativas con recursos abundantes y permanentes, el control biológico que se aplica será del tipo aumentativo, conservación de la fauna benéfica existente, o ambos. El control biológico clásico, abarca el descubrimiento, importación y establecimiento de enemigos naturales exóticos, con el fin de regular poblaciones de plagas nativas o introducidas en un país o región determinada. Ejemplos del control biológico clásico es el control de Aleurocanthus woglumi la mosca prieta de los cítricos, que apareció en el Salvador en 1965. Esta plaga se convirtió en una amenaza grave para las plantaciones de cítricos de ese país, (1.400 hectáreas afectadas) sin que apareciera un control efectivo de origen nativo. Desde México se importó el parásito Encarsia opulenta. Y se logró en menos de seis meses el control completo de la plaga. El principio de la utilización del control biológico clásico es que cuando una especie extranjera invade una nueva región, generalmente deja los controles nativos. Si en el nuevo sitio invadido por la plaga no encuentra enemigos naturales, se pueden esperar graves daños por la plaga. Esto ocurre casi siempre si las condiciones del clima le son favorables.

La introducción de los enemigos naturales debe realizarse bajo condiciones climáticas semejantes a las condiciones del lugar donde se va a introducir la especie benéfica y debe hacerse en lo posible con el mayor número de especies de enemigos naturales. El control biológico clásico es más exitoso sobre plagas exóticas, aunque también ha mostrado su efectividad sobre especies nativas.

El procedimiento a seguir o secuencia de acciones para implementar el control biológico ante la presencia súbita de una nueva plaga exótica en un país determinado es el siguiente:

- . Determinar la especie, su distribución y origen. Explorar el lugar de origen para determinar sus enemigos naturales. Recolección de enemigos naturales y envío rápido al país afectado.
- . Procedimiento cuarentenario de los enemigos naturales introducidos.
- . Reproducción masiva de los enemigos naturales
- . Liberación de los enemigos naturales.
- . Establecimiento de los enemigos naturales efectivos en el país afectado.
- . Comprobación del establecimiento de los enemigos naturales.
- . Implementación de medidas de protección para los enemigos naturales.

El control biológico aplicado

Cuando el control se quiere ejercer de forma intencional, lo primero que se requiere es contar con un número importante del agente biorregulador, en la fase que se desea y libre de otros organismos que no interfieran en su función u occasionar perjuicios superiores a los que se desea minimizar. Desde tiempos inmemoriales mediante distintas técnicas, se han criado artificialmente, de forma masiva un grupo importante de insectos benéficos.

En las últimas décadas, en diferentes regiones y países se han incrementado los laboratorios para el control biológico de plagas enfermedades y malezas, lo que demuestra la importancia que reviste para los productores agrícolas, el uso de esta técnica, que constituye el control biológico aumentativo mediante la liberación de organismos biorreguladores en los cultivos para la lucha contra las plagas, con el fin de elevar la capacidad de regulación de las poblaciones. Según Landis y Orr (1996) La liberación inundativa implica la liberación de un gran número de enemigos naturales de tal manera que su población sobrepase a la plaga y es utilizada cuando las poblaciones del enemigo natural no está presente o no puede responder lo suficientemente rápido a la infestación alcanzada por la plaga. Esta técnica tiene las ventajas de lograr el control de la plaga pero no de forma permanente, por lo que se requiere de nuevas liberaciones.

Ejemplos del control biológico por el método aumentativo bajo nuestras condiciones es la producción de: Telenomus spp para el control de la palomilla del maíz, así como Trichogramma spp para el control de huevos de insectos plagas. En este sentido Cuba ha alcanzado un buen desarrollo al contar con 50 Centros de Reproducción de Lixophaga diatraea de forma artificial, sobre larvas de Galleria mellonella, para controlar una de las

plagas más importantes del cultivo de la caña de azúcar el bórer o taladrador de los tallos, es decir, *Diatraea saccharalis*.

El control biológico por conservación de los organismos es aquel que se realiza mejorando las condiciones ambientales que satisfagan las necesidades de vida de los biorreguladores para garantizar su desarrollo, lo que se logra reduciendo los factores que interfieren con los enemigos naturales o proveyéndoles los recursos que necesitan. Entre los aspectos a considerar, estarán la disminución en el uso de plaguicidas altamente tóxicos, que no provoquen altas mortalidades en los biorreguladores existentes en el agroecosistema, el uso de prácticas culturales que proporcionen un hábitat adecuado de alimentación, refugio y condiciones microclimáticas favorables.

Reproducción masiva de microorganismos

Los plaguicidas creados con microorganismos o insecticidas microbiales, son formulados desde los biopreparados a base de organismos como bacterias, hongos, nematodos, protozoarios y rickettsias.

Las bacterias constituyen quizás el grupo de los microorganismos más estudiados. Se han identificado diferentes especies de bacterias con características entomopatogénicas, pero *Bacillus thuringiensis* (Bt) ha sido el de mayor éxito. Su modo de actuar es el siguiente: al momento de la esporulación las células de Bt producen unos cristales en forma de diamante, que contiene una toxina (delta – endotoxina), capaz de paralizar el intestino de la mayoría de las larvas de los Lepidópteros (gusanos, mariposas). Las esporas al ser consumidas, pueden germinar dentro de los insectos, provocando su muerte. Ejemplo de la utilización de este tipo de microorganismo Bt ha sido en el control de lepidópteros, (principalmente *Trichoplusia ni*; *Spodoptera spp.* y *Heliothis virescens*).

Los virus que causan enfermedades en los insectos se encargan de su regulación. Estos son más específicos que las bacterias y no se pueden obtener en cultivos artificiales. La formulación de los virus se obtiene de insectos enfermos, que son macerados creándose así los biopreparados.

Los virus, al igual que las bacterias deben ser ingeridos para después causar las enfermedades en los insectos susceptibles. El proceso de infección depende de factores internos y externos, tales como:

- Susceptibilidad del insecto
- La edad y tamaño del insecto
- Virulencia del agente causal (virus)

- Temperaturas

Actualmente existen varias formulaciones a base de virus, ejemplo de ellas es el virus de la poliedrosis nuclear (VPN). Los entomovirus como el VPN de *Trichoplusia ni*, ha sido un gran ejemplo para Colombia, éste fue introducido desde California en 1971. Su efecto se dispersó drásticamente controlando eficientemente a *Trychoplusia ni* de manera que en las zonas algodoneras donde colonizó, dejó de tener importancia. Los entomovirus también pueden controlar lepidópteros, himenópteros, coleópteros, ortópteros, hemípteros, neurópteros y trichópteros.

Las infecciones de los hongos son muy comunes, existiendo incluso algunos con acciones micoparasíticas; es decir, que controlan el desarrollo de otros hongos.

Hasta el momento se han registrado cuarenta géneros de hongos entomopatógenos, aunque sólo unos pocos de ellos han tenido éxitos estando una parte de los mismos aún en fase de investigación.

Dentro de los más estudiados y que han tenido éxitos se encuentran los siguientes:

Beauveria, *Verticillium*, *Metarhizium*, *Entomophthora*, *Paecelomyces*, *Cordyceps*, *Nomurea*, *Archersonia* y *Hirsutella*.

Los hongos entomopatógenos pueden causar infección en cualquier estado de desarrollo del insecto. A diferencia de las bacterias y los virus, los hongos atacan a través del tegumento, al entrar en contacto con la cutícula del insecto. Las esporas inician el proceso de germinación, el cual requiere de condiciones específicas de temperatura y humedad. Durante la germinación los hongos producen enzimas sobre el cuerpo de los insectos que ayudan a la penetración en el cuerpo de la plaga, hasta matarlas. También pueden secretar toxinas capaces de eliminar el huésped. Es común después de la muerte de la plaga observar el desarrollo de micelios sobre los insectos.

Existen distintos formulados de especies de hongos entomopatógenos, que se usan para el control de numerosas plagas, a saber:

- Biopreparado de *Beauveria bassiana* vs Lepidópteros
- Biopreparado de *Verticillium lecanii* vs Homópteros
- Biopreparado de *Metarhizium anisoplae* vs Saliva de los pastos
- Biopreparado de *Hirsutella thompsonii* vs ácaro del moho

Existen géneros de hongos que pueden tener acción contra enfermedades, como son: *Trichoderma spp*, que es hiperparásito ó micoparasítico de los patógenos del suelo como *Pythium*; *Phytophthora*; *Fusarium*, etc. También *Verticillium lecanii* tiene acción micoparasítica, al controlar la roya del cafeto.

Los nemátodos *Heterorhaditis spp* y *Steinernema spp*, son organismos entomopatógenos que han tenido éxitos en el control de insectos. Son parásitos obligados y atacan a un gran número de insectos principalmente en la fase que está en contacto con el suelo o en lugares húmedos.

Los formulados biológicos. Condiciones para su aplicación.

Los formulados biológicos pueden ser utilizados en forma simultánea pudiéndose producir efectos cinegéticos y para lograr eficiencia en las aplicaciones se requiere de determinadas normativas:

- Deben ser usados bajo condiciones de poca radiación solar, bajas temperaturas, buena humedad ambiental y equipos propios para estos fines.
- Lograr que el producto siempre haga contacto con la plaga
- No dejar almacenados los productos por mucho tiempo.

Las líneas de producción pueden ser varias y estas dependen del resultado del diagnóstico de la región donde serán aplicados los productos, que son los que determinan cual o cuales son las plagas que económicamente necesitan ser controladas. Por ejemplo, si se desea combatir mosca blanca, picudo negro del plátano y lepidópteros, se puede tener como línea de producción *Verticillium lecanii*, *Beaveria bassiana* y *Bacillus thuringiensis* para combatir las tres plagas respectivamente. Si se quieren controlar patógenos del suelo, entonces se abre la línea de *Trichoderma spp*.

El control biológico en Cuba

En las primeras décadas de este siglo, en Cuba se hicieron algunas introducciones de reguladores biológicos de plagas importantes del cultivo de la caña de azúcar y los cítricos entre otros y es a partir de la década del 30 que se comienzan los estudios para la reproducción de la mosca Lixophaga diatraea, parasitoide del bórer de la caña de azúcar Diatraea sacharalis. En el año 1961, se incrementa notablemente el número de laboratorios para la producción de la mosca cubana, como también se le conoce, lo que implicó una mayor área atendida con este medio biológico.

En este mismo año se iniciaron los estudios de *Trichogramma* spp parásito de huevos de los lepidópteros y su hospedante de sustitución *Corcyra cephalonica*. En esa misma década, un grupo de investigadores, se dio a la tarea de comenzar a evaluar en condiciones de campo, productos comerciales a base de *Bacillus thuringiensis*, e hicieron aislamientos de *Beauveria bassiana* de la mosca *L. diatraea* y es en los primeros años de la década del 80 que se lleva a escala nacional, la producción masiva de este parasitoide y su hospedante de sustitución *Galleria mellonella*, con técnicas novedosas en su reproducción y métodos de liberación (Castellano et al., 19931; Armas García et al., 1992; Lujan et al., 19987; Rijo Camacho y Barrios, 1988). En estos mismos años se pone a punto la tecnología de multiplicación de *Trichogramma* spp y sus dos hospedantes de sustitución *Corcyra cephalonica* y *Sitotroga cerealella*, para el control de huevos de *Mocis* spp., *D. saccharalis* y *Erinnys* ello proporcionado la norma y método de liberación para cada fitófago.

Para *Mocis* spp se emplean dosis preventivas de 5000 ind/ha en áreas focales (son las zonas que presentan, año tras año, las primeras poblaciones desde donde son invadidas otras áreas), cuando el periodo es seco y de 30,000 ind/ha cuando es lluvioso. En el control de *Diatraea saccharalis* en las plantaciones de caña de azúcar deben emplearse dosis de 30,000 ind/ha, siempre que se observen adultos o huevos de la plaga, mientras que para *Erinnys* ello, las dosis son de 5,000 a 30,000 ind/ha, en dependencia del número de huevos de la plaga.

Además, se generalizaron dos tecnologías artesanales de producción de los entomopatógenos *Bacillus thuringiensis* y *Beauveria bassiana* a ambos microorganismos se le estudiaron las dosis, frecuencia y momento de aplicación (Calderón et al., 1990; Fernández-Larrea 1990).

Bacillus thuringiensis es una bacteria que causa la enfermedad y muerte de los insectos, se emplean de 2 a 5 l/ha en dependencia de la plaga y la calidad de larvas por plantas. Las aplicaciones preventivas, cuando el número de larvas es bajo, se realizan una vez por semana o cada diez días. Si el número de larvas fuera alto, se deben efectuar aplicaciones de control, con mayor frecuencia, hasta que disminuya la plaga.

Beauveria bassiana se aplica en el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), el tetuán del boniato (*Cylas formicarius elegantulus*), el picudito acuático del arroz (*Lissorhoptrus brevirostris*) y el bórer de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis*).

Las dosis del biopreparado a partir de *B. bassiana* se emplean teniendo en cuenta el índice de la plaga y la sensibilidad del insecto al hongo. Generalmente en el capo se utiliza 10^{12} esporas/ha, esto representa entre 3 y 10 litros del producto nacional, en dependencia de la concentración final del biopreparado y la plaga que se desee controlar de las plagas (Estrada y López, 1996).

Posteriormente, fue desarrollada la tecnología de reproducción y colonización del depredador *Pheidole megacephala* regulador de las poblaciones de *Cylas formicarius elengantulus* en el cultivo del boniato (*Ipomea batata*). En época lluviosa fundamentalmente, se debe colocar en los reservorios de hormigas, trampas consistentes en plantas de piña de ratón o estibas de pseudotallo de plátano. A los cinco o siete días, una parte de la colonia se habrá mudado a la trampa y así podrá ser trasladada al campo en un envase de yute, bien temprano en la mañana o al atardecer, después del riego o de la lluvia, en caso de haber ocurrido alguna (Castiñeiras et al., 1982).

En el cultivo del boniato o batata, que deberá tener 40 días de plantado se pondrá la trampa sobre el camellón, bajo los bejucos o guías. Para lograr un buen control de la plaga, y para lograrlo hace falta al menos, 100 trampas por cada hectárea de cultivo. Mediante el uso de este formicido se alcanzan hasta un monto de 5% de pérdidas por causas del tetuán, (*Cylas formicarius*) a un costo cuatro veces menos que el de los plaguicidas y con un solo tratamiento.

En el segundo lustro de la década del ochenta se introduce la tecnología de reproducción y aplicación de *Metarhizium anisopliae* para el control biológico de *Lissorhoptrus brevirostris*, *Sogata orizocola* y *Oebalus insularis*, *Monecphora bicinta fraterna*, *Plutella xylostella*, *Mocis spp.* Y *Cosmopolites sordidus*.

El biopreparado se aplicará a razón de $10^{11} - 10^{12}$ conidios /ha en dependencia de la plaga a combatir y se realizaran las aplicaciones necesarias hasta que disminuyan los niveles poblacionales de forma que no cause daño económico al cultivo y esto se logra para cada especie con las dosis siguientes:

- *L. brevirostris*, *S. orizicola* y *O. insularis*: 7 Kg/ha.^{-1}
- *M. bicinta fraterna*: 3 Kg/ha.^{-1}
- *Mocis spp.*: 5 Kg/ha.^{-1}
- *C. sordidus*: $10-20 \text{ Kg/ha.}^{-1}$

- *P. xilostella*: 10 Kg/ha.⁻¹

Este producto biológico es compatible con *B. thuringiensis* por lo que se pueden mezclar al hacer las aplicaciones y no presenta patogenicidad a *Pheidole megacephala*.

Son varios los elementos biológicos que con función reguladora se han estudiado e introducido en la producción en mayor o menor grado, entre ellos se encuentran las tecnologías de reproducción por cultivo superficial de los hongos *Verticillium lecanii*, *Hirzutella thompsonii* y *Paecilomyces lilacinus*, así como la reproducción por cultivo sumergido en fermentadores de *B. thuringiensis* (Ovies, 2003; Ovies, 19992; López, 1990; Mollinedo et al., 1990 y Zaya, 1990).

V. lecanii; Utilizando principalmente para el control de homópteros, se debe aplicar a razón de $10^{11} - 10^{12}$ conidios/ha. Esto se logra con el biopreparado líquido cuando se utilizan 10 l/ha y con el bioinsecticida granulado con 1 Kg/ha, con los que se alcanzan valores de 10^7 - 12^8 conidios/ml y entre 10^8 - 12^9 . El biopreparado a base de *V. lecanii* puede mezclarse con *B. thuringiensis*.

Paecilomyces lilacinus: Es un hongo común de numerosos tipos de suelos, que es reproducido de forma masiva, mediante la introducción directa de un soporte sólido como cabecilla de arroz, donde se alcanzan títulos de 10^8 - 10^9 conidios/gramos. Este hongo parasita los huevos y hembras de los nemátodos sedentarios globosos, en los cuales causa deformaciones, destrucción de ovarios y reducción de la eclosión como síntomas principales. Igualmente produce toxinas, que afectan el sistema nervioso de otras especies de nemátodos sedentarios.

Además se han desarrollado tecnologías para la multiplicación y aplicación del hongo *Nomuraea rileyi*, el hongo antagonista *Trichoderma spp* virus entomopatógeno y los nemátodos *Steinerinema carpocapsae* y *Heterorhabditis heliothidis* en diferentes hospedantes Fernández-Larrea et al, 1993; Vázquez, 1993(13). También se cuenta con tecnologías artesanales para la producción de *Telenomus spp.*, *Apanteles flavipes*, *Chelonus insularis*, *Euplectus plathypenae*, *Archytas marmoratus*, *Eucelatoria spp.* (Dueñas Gómez et al., 1993; Gómez Sousa, 1993 a, b, c Gómez-Sousa et al., 1993)

En 1988, la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal del Ministerio de la Agricultura aprobó el programa de producción de medios biológicos para la

protección de las plantas en estrecha coordinación con los otros métodos fitosanitarios. Con el objetivo de dar respuesta a las producciones previstas en este programa, se priorizó la construcción de Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos, para la obtención de estos medios por métodos artesanales, existiendo 222 de ellos en la actualidad. El programa aún no concluido, ha previsto la construcción de 29 plantas de bioplaguicidas.

Las producciones en particular, han tenido altas y bajas, en dependencia de numerosos factores que se entremezclan y que van desde las necesidades de los productos biológicos, las disponibilidades de recursos y la paulatina experiencia.

En 1993 se produjeron 2 707,5 TM de bioplaguicidas y 11 135,4 de entomófagos y se trataron 605 278,31 ha que aunque fue ligeramente superior a lo logrado en los dos años anteriores, no obstante supera con crece las cifras alcanzadas en 1988. (Tabla 38).

El Sistema Estatal de Protección de Plantas en la República de Cuba integra a la Dirección Funcional correspondiente de la Sanidad Vegetal, el Instituto de Investigaciones, los Laboratorios Provinciales y 62 Estaciones Territoriales de Estas Estaciones Territoriales constituyen las unidades básicas del sistema y son las encargadas de brindar los servicios de señalización, pronóstico y diagnóstico primario de los organismos nocivos, así como ejercer la inspección estatal en las actividades fitosanitarias. El trabajo de las Estaciones Territoriales de Protección de Plantas está estrechamente vinculado a la protección de medios biológicos de los Centros Reproductores de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) y cuya ubicación geográfica permita el suministro de biorreguladores de forma directa a las áreas agrícolas

Cultivo	Plaga a combatir	Regulador biológico
Caña de Azúcar	<i>Diatraea Sacharalis</i>	<i>Lixophaga diatraeae</i> <i>Trichogramma spp.</i>
Plátano	<i>Mocis latipes</i> <i>Cosmopolites sordidus</i> <i>Tetranichus tumidus</i>	<i>Trichogramma spp</i> <i>Tetramonium guineensis</i> <i>Phytoseiulus macrophilis</i>
Camote	<i>Cylas formicarius</i>	<i>Pheidole megacephala</i> <i>Heterorhabdits spp.</i>
Yuca	<i>Erynnis ello</i>	<i>Trichogramma spp.</i>
Maíz	<i>Spodoptera frugiperda</i>	<i>Telenomus spp.</i> <i>Euplectrus platyhypenae</i> <i>Chelonus insularis</i>
Hortalizas	<i>Lepidópteros</i>	<i>Trichogramma spp.</i>
Pastos	<i>Boophilus microplus</i>	<i>Pheidole megacephala</i>
Cítricos	<i>Mocis latipes</i> <i>Aleurocanthus woglumi</i> <i>Pachnaeus litus</i>	<i>Trichogramma spp.</i> <i>Eretmocerus serius</i> <i>Heterorhabdits spp.</i>

Tabla 38. Entomófagos empleados en el control biológico de plagas agrícolas

El proceso tecnológico de los laboratorios y el producto terminado son estrechamente regulados en primera instancia por especialistas en control de la calidad, por el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal y por el Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, este último como soporte científico metodológico y fiscalizador de la actividad en todo el territorio nacional. Las efectividades técnicas de las plaguicidas y entre ellos los bioplaguicidas son determinadas por el fitosanitario de la unidad básica de producción quien además lleva a la práctica la estrategia integral para el control de las plagas en los cultivos de la caña de azúcar, cítricos, tomate, plátano, pastos y café entre otros y de algunos enfermedades tales como Damping - off del tomate, la marchitez del pimiento y la pata prieta en tabaco. El desarrollo alcanzado por la actividad fitosanitaria en Cuba y el de la lucha Biológica, como uno de sus pilares fundamentales han logrado deprimir las poblaciones de fitófagos a niveles aceptables en diferentes cultivos de importancia económica, gracias a la atención que se le ha dispensado desde el triunfo de la Revolución y la dedicación y aporte de numerosas instituciones científicas y docentes en toda Cuba.

Consideraciones finales

El tema tratado en este capítulo, constituye uno de los pilares más fuertes para el desarrollo de una agricultura ecológica en armonía con la naturaleza y por tanto para cualquier defensor de los agroecosistemas ecológicos es un tema obligado.

La ciencia y la técnica ha logrado en pocos años aportes de aplicación práctica que sustituyen los agrotóxicos más agresivos que se aplican a la agricultura, pero aun esta especialidad es joven y por supuesto que se podrán hacer innumerables descubrimientos a favor de una vida más sana.

Dentro de los problemas de mayor prioridad está la educación de los productores en relación a la importancia de estos nuevos productos y sus ventajas sobre los agrotóxicos, la necesidad de poderlos obtener en condiciones muy artesanales en el propio agroecosistema y finalmente trabajar por contrarrestar la fuerza de las grandes productores de agroquímicos, que incorporados a la nueva corriente ecologista, venden los productos biológicos a precios de lujo.

Bibliografía

Álvarez Febles, N. (1994) LA TIERRA VIVA. Manual de Agricultura Instituto de Educación Ambiental de la Universidad Metropolitana. Puerto Rico, 128 p.

Armas García, J. L.; J.-L. Ayala Sifonte; Numania Estévez; Rosa E. Gómez. 1992. Manual para la reproducción y empleo de *Telenomus spp.* Parasitoídes de huevos de la palomilla del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Smith). Unidad provincial de Lucha Biológica, MINAG. Sancti Spíritus, 28 p.

Calderón A.; Miriam López y Magaly Fraga. 1990. Alternativa de reproducción de *Beuvaria bassiana* en diferentes sustratos. Ciencia Técnica Agric. Protección de Plantas.

Castellanos, J. A.; Esperanza Rijo Camacho. 1993. Determinación de la norma de liberación más adecuada de *Lixophaga diatraea* como biorregulador de *Diatraea sacharalis* en caña de azúcar. Ciencia Técnica Agríc. Protección de Plantas (6) 1.

Castiñeiras, A.; Susana Caballero, G. Rego; Mirtha González. 1982. Efectividad técnica y económica del empleo de la hormiga leona *Pheidole megacephala* en el control del tetuán del boniato *Cylas formicarius elengatus*. Revista Ciencia y Técnica protección de Plantas. Suplemento Diciembre.

Dueñas Gómez, Martha C.; J. Gómez Sousa; Migdalia O' relly. 1993. Nuevos hospederos para la cría artificial de *Eucelatoria spp.* Folleto. Laboratorio Provincial Sanidad Vegetal, Cienfuegos. 5 p. Ed. Cient. Joef. Margraf. P. 121 – 165. Ed. INCA, La Habana, Cuba 63 p.

Fernández Larrea Orietta. 1990. Metodología de reproducción de *Bacillus thuringiensis*. Informe final de tema. Centro de Información Sanidad Vegetal. 12 p.

Fernández- Larrea, Orietta; A. Calderón; Magaly Fraga. 1993. Métodos alternativos para la reproducción de *Trichoderma spp.* Informe final tema. Centro Información Ins. Sanidad Vegetal 5 Págs.

Gómez Sousa, J. 1993. Metodología de reproducción de *Chelonus insularis*, parásito ovolarval de *Spodoptera frugiperda* (Smith). Folleto Universidad de Villa Clara. 10 p.

Gómez Sousa, J. 1993. Metodología de reproducción de *Euplectrus frugiperda* Folleto. Universidad Villa Clara. 8 p.

Gómez Sousa, J. 1993. Metodología de reproducción de *Archytas marmoratus*, parásito larvo-pupal de S. Frugiperda y *Leucania unipuncta*. Folleto. Universidad villa Clara. 6 p.

Gómez Sousa, J.; M. F. Borroto; C. Hernández; Miriam Melillo; E. Martínez; J. Barroso. 1993. Manual de procedimiento para la cría y liberación de Apanteles spp, parásito de Leucania unipunta. Folleto. Universidad de Villa Clara 23 p.

Hernández A. (2000) Plaguicidas Naturales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) En Presa

López, Miriam. 1990. Determinación de las condiciones de reproducción de *Paecillomyces lilacinus* Tham (Samson). Protección Vegetal 4; 4 p.

Luján, Mercedes; Tania Cabrera, Teresa Vázquez, Esperanza Sánchez, María

Mejía C. J. 1991 Historia, justificación y manejo de los cultivos /J. Mejía Caicedo.- En: trabajo de Alelopatías. Sistemas integrados de producción. - Bogotá: Organización para el desarrollo profesional y cultural, 1991.

Mejía C. J. 1991 Manual de Alelopatía básica y productos botánicos. 1ed. Santa Fé de Bogotá: Editorial Kinggraf LTDA, 1995. 83 p.

Milán, Ofelia; Nelly Matos; J. Nelson. 1987. Metodología para la cría de Galleria mellonella (L) en vivario. La Habana, MINAZ, 3 p.

Mollineda, Maida; G. Rego y Esperanza rijo. 1990. Metodología para la reproducción de *Trichogramma* spp y sus hospederos artificiales. Dir. Gen. S. Vegetal, mimeografiado, 9 p.

Ovies Días, J. 1992. Situación actual y perceptiva de la producción de bioplaguicidas de uso fitosanitario. Informe presentado al Polo Científico del Oeste. Ciudad de la Habana, Cuba.

Rijo Camacho, Esperanza; Aleida Barrios. 1988. Desarrollo de Galleria menollella alimentada con dieta a base de derivados de la industria azucarera. Ciencia Técnica Agríc. Protección de Plantas (11) 1.

Roig J. T. (1991) Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. 2da. Ed. La Habana, Editorial Científico Técnica, 1125 p.

Stoll. G. (1989) Protección Natural de cultivos con recursos provenientes de las granjas en las zonas tropicales y subtropicales.

Vázquez, Teresa. 1993. Alternativas para la producción artesanal de nemátodos entomófagos. Informe final. Centro Información. Ins. Invest. Sanidad Vegetal. 6 en lutte bologique. Guadaloupe. 107-112.

Zayas A. 1990. Tecnología de propagación bifásica o líquida del hongo *Verticillium lecanii* (Zium) Vieg. INISAV, MINAG, Ciudad de la Habana 10 Pág. NC 72-03 biotecnología agrícola. Biopreparado del entomopatógeno *V. Lecanii*.

DIVERSIDAD DE PLANTAS PROTECTORAS DE LOS AGROECOSISTEMAS**PLANTAS INSECTICIDAS****Dr. C. Ángel Leyva Galán**

Zanahoria intercalada con Girasol. Finca "Las Papas" La Habana (Foto: Adalberto)

Introducción

A escala internacional se han reportado numerosas plantas que poseen la propiedad de repeler o combatir plagas de los cultivos económicos. Estas propiedades en las plantas han sido consideradas tema de la alelopatía; sin embargo, desde el punto de vista práctico, esta es una opción para el productor vinculada directamente al tema del manejo de plagas y enfermedades; por ello al hacer alusión a esta temática, se prefirió incluirla de forma independiente.

Numerosas plantas con usos conocidos y efectos tóxicos contra plagas y enfermedades, han sido reportadas por los propios productores, como resultado de la experiencia acumulada a través de los años, presentándose incluso diversas opiniones sobre la acción tóxica de algunas plantas en su efecto particular sobre las plagas. Es por ello que indicar los efectos sobre plagas específicas puede resultar comprometedor para el lector, quien

tendrá que estudiar lo que aquí se presenta y luego corroborar sus bondades, a partir de su propia experiencia.

Una lista de plantas insecticidas las propone Hernández (2001), con su preparación y formulaciones a partir de las propuestas de experiencia de autores, como Roy, (1968); Stoll, (1989); Álvarez Febles, (1994) y Mejías, (1991). Sobre este tema existen numerosas propuestas de las cuales se escogerán como recomendación, las que han sido avaladas por científicos y productores. Entre las plantas con efecto de protección contra los enemigos de los cultivos de mayor uso en el trópico se presentan en la tabla 39.

Para que estas plantas puedan ejercer su efecto protector, requiere de un proceso previo que puede ser realizado de forma artesanal o industrial. Desde el punto de vista de la sostenibilidad de los agroecosistemas, el método artesanal es el más importante, porque le posibilita al productor solucionar su problema sin hacer una inversión.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	PLAGAS QUE CONTROLA Y MODO DE ACCIÓN
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>	Toxina, contacto e ingestión Mosca Blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)
Árbol del Nim	<i>Azadirachta indica</i>	Plagas en general
Árbol del paraíso	<i>Melia azedarach</i>	Toxina, contacto e ingestión (<i>Spodoptera spp</i> , entre otras)
Cálamo aromático	<i>Acorus calams</i>	Repelente, inhibe reproducción (pulgones y moscas)
Ají chile	<i>Capsicum frutescens</i>	Pulverizado conserva frijoles
Cúrcuma	<i>Curcuma domestica</i>	Conservación de frijoles (rizomas pulverizados vs. gorgojos)
Hierba buena	<i>Mentha spicata</i>	Repelente vs. Gorgojos
Muna/peperina	<i>Minthostachys Glabrenscens/M. Mollis</i>	Repele gorgojos, gusanos y áfidos
Cola de caballo	<i>Equisetum spp</i>	<i>Phytophthora</i> (gota de la papa)
Ortiga	<i>Urtica urens</i>	<i>Phytophthora</i> (gota de la papa)

Tabla 39 Principales plantas con acción protectora de los cultivos

Los preparados naturales

Uno de los métodos más utilizados es el conocido con el nombre de purín, es decir, fermento aeróbico de la maceración de las especies que realizarán las funciones de control. Estas se dejan fermentar entre 12 y 15 días y

posterior a este proceso se realiza la aplicación, que regularmente se hace en una proporción de una parte del fermento por 15 de agua (1:15). Los pasos a seguir para realizar el purín (Stoll, 1989) se exponen a continuación:

- Macerar y fermentar (se inicia a los 2 días y demora aproximadamente 15 días).
- Revolver dos veces por día.
- Agregar polvo de roca o cualquier otro producto natural que evite olores fuertes.
- Utilizar como promedio 10 litros de agua limpia por cada kilogramo de biomasa (ello significa unos 5 cm de agua por encima del sólido).
- En biomasa seca, utilizar de 100 a 200 g en lugar del kilogramo (relación 1:7)
- Diluir en una relación de 1:20 a 1:50 y aplicar al suelo o a las plantas.
- Dejar los residuos sólidos para Compost.
- Realizar el secado con temperatura inferior a 35 grados.
- Rechazar las plantas enfermas.
- Preparar en recipientes de madera.
- Tener la tapa preparada para la entrada de aire.
- Hervir de 20 a 30 minutos, dejar la parte sólida tres días en fermento.

Aunque la bibliografía recoge varias plantas con estas propiedades, en este tema se brinda también la experiencia de algunos productores, los cuales han tomado la información de las generaciones que les antecedieron o de sus propias experiencias. Sin embargo, es bueno recalcar que estas propuestas no pueden convertirse en recetas universales, siendo necesario promover nuevas alternativas no descubiertas y que tal vez puedan enriquecer la larga lista de plantas ya probadas y de reconocida eficiencia.

Por otra parte, será necesario considerar que muchas de las recetas que se recomiendan a veces aparecen señalando una de las partes de la planta como lo fundamental, mientras que en otros casos aparece la propuesta de otra parte de la planta, hecho que exige comprobación práctica.

A continuación se reflejan de forma sintetizada los más sobresalientes, de los preparados a los que se les aducen propiedades plaguicidas, tabla 40.

Una de las plantas más estudiadas en los últimos 10 años es el árbol del Nim (*Azadirachta indica*) de cuyas investigaciones se han logrado ya varios productos comerciales con diferentes objetivos en la protección de plantas y semillas. Especialmente en Cuba se tienen resultados muy significativos en la obtención de productos a partir de la semilla de este

árbol, que en su aplicación como sustitutos de agrotóxicos, han tenido resultados excelentes.

Problema	Solución	Preparación y dosis	Fuente
Pulguilla de la papa (<i>Pronotrix spp</i>)	ajo y cebolla	Proporción 1:1, picados fermentados un día (100 cc / L. de agua aplicado en la tarde)	A. Cepeda, (1999) Boyacá, Colombia
Gusano Blanco(<i>Prenotrip ex borox</i>)	Nabo forrajero	Se siembra entre las plantas de papa y tomate,	C. Blanco, (1999) Boyacá Colombia
Mosca Blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	Yerba buena Ruda (<i>Mentha nemorosa</i>)	Su extracto con jabón de coco aplicando en la tarde	C. Blanco, (1999) Boyacá, Colombia
Roya del café	Hojas de papaya (<i>Carica papaya</i>)	Maceradas y fermentadas, se fumigan las plantas afectadas (1kg. hojas/ 10 L agua)	Secretaría Agric. Boyacá Colombia (1999)
Arañas y mosquitos	Hojas de Higuera (<i>Ricinus comunis</i>)	Se le prende fuego a las ramas verdes para circular el humo	Leyva, (1960)
Insectos	Semillas de girasol Guanábana, Mamey Albahaca, hervir 5 minutos	Se muelen o maceran en una relación con agua de 5: 20, se aplica, después.	Álvarez, 1994)
Polilla Guatemalteca	Barbasco	Extraer el látex y aplicar 20 g /20 l de agua	Campesinos de Boyacá, (1999)
Pulgones, Orugas, y hormigas	Ajenjo (<i>Artemisia absinthium</i>)	150 g de tallos y flores en pulín de 12 días fumigar el cultivo	Campesinos de Boyacá, (1999)
Plagas Insectiles	Escoba Amarga (<i>Parthenium hysterophorus</i>)	Su extracto (secado y molido, proceso por reflujo) (1 litro P. A. 7, 5 litros de H ₂ O) aplicar de 2,5 a 3,5 l. ha ⁻¹	Universidad Pinar del Río, Cuba, (1997)
Gorgojos de los granos	Higuera (<i>Ricinus comunis</i>)	Para la conservación de granos un kg de polvo de semillas / 50 Kg De semillas de granos	Stollls, (1989)

Notas: Las recetas de autores colombianos, corresponden a estudiantes o productores de un curso de postgrado en Asistencia Técnica del Dr. A. Leyva en el. Dpto. de Boyacá, Colombia

Tabla 40. Preparados con propiedades plaguicidas.

En la tabla 41, se exponen algunos de los productos elaborados en Cuba y que tienen efectos marcados sobre determinadas plagas en cultivos económicos importantes para el país.

Cultivo	Plaga a combatir	Producto Natural
Tabaco	<i>Heliothis virescens</i>	OleoNim 80
Col	<i>Plutella xylostella</i>	OleoNim 80
Tomate	<i>Helicoverpa zea</i> <i>Bemisia tabaci</i> <i>Keiferia licopersicella</i>	OleoNim 80 CubaNim – sm
Melón	<i>Diaphania hyalinata</i>	OleoNim 80
Maíz	<i>Spodoptera frugiperda</i> <i>Aphis maidis</i>	Cuba Nim – T OleoNim 80
Cebolla y ajo	<i>Trips tabaci</i> <i>Eryophes tulipae</i>	CubaNim – T OleoNim 80
Camote	<i>Cylas formicarius</i>	Melitox 50 CubaNim-sm
Bija	<i>Selenothrips rubrocinctus</i>	Melitox 50
Aguacate	<i>Selenothrips rubrocinctus</i>	Melicox 50
Fríjol	<i>Bemicia tabaci</i> <i>Diabrotica balteata</i>	OleoNim 80 Melitox 50
Cítricos	<i>Phyllocnistis cettrella</i> <i>Phyllocoptruta oleivora</i> <i>Pachnaeus litus</i>	CubaNim – sm CubaNim –T OleoNim 80 CubaNim – T NeoNim 60

Nota: Algunas de las plagas que pueden ser combatidas a partir de las semillas de los frutos del árbol del Nim, también podrían ser combatidas con preparados botánicos a partir de otras plantas como la tabaquina y el paraíso, especialmente en el cultivo del fríjol.

Tabla 41. Productos naturales para el combate de plagas agrícolas en Cuba (Estrada, 1996).

Como las investigaciones en este campo han alcanzado un rápido desarrollo, es de esperarse nuevos resultados que permiten la formulación de nuevos productos de la misma planta y porqué no, también, combinaciones de plantas para la obtención de nuevos productos con un espectro de acción mucho más eficiente.

Algunas técnicas para la conservación de semillas

La técnica de utilizar grasas para la conservación de semillas es tan antigua como la propia agricultura. Su utilización se basa sobre en el principio de la protección exterior de las semillas, que impide el desarrollo embrional y larval de las plagas.

Ejemplo de estas técnicas es el uso de la leche en la India para tratar las semillas previas a la siembra, cuyo efecto parece estar ligado, además de la acción propia de la leche como compuesto de elevado valor proteico, a la presencia de la grasa de la leche sobre la superficie de las semillas.

Muchos campesinos tienen la costumbre de tratar las semillas revolviéndolas con sus manos, después de manipular carne de cerdo fresca. En este sentido, Stoll (1989) ha recomendado la utilización de determinados aceites vegetales para la conservación de diferentes tipos de semillas. Este autor ha señalado que los aceites de coco, maní y cártamo han sido muy eficientes, como técnica de conservación de semillas. El aceite de girasol resultó indiferente, mientras que los de algodón y soya redujeron sensiblemente la germinación.

Pero existen plantas que maceradas o molidas en seco, protegen las semillas evitando la acción de las plagas, ya sea como repelente por el olor (ejemplo la utilización de las hojas secas de la yerba buena (*Mentha nemorosa*) contra los gorgojos para la conservación de granos o sencillamente porque las controla), como ocurre con la semilla del Nim (*Azadirachta indica*), molida y aplicada junto con las semillas que se desea guardar.

La utilización de la higuerilla o higuereta (*Ricinus communis*) ha resultado muy eficiente para el control del gorgojo a razón de 1 kg de semilla en polvo, aplicado a 50 kg de semilla para su conservación. También a la corteza del árbol de eucalipto (*Eucaliptus citriodora*) se le atribuyen propiedades de repelencia a plagas que atacan semillas.

Muchas de las plantas que son recomendadas para proteger los cultivos puede que también lo sean para la conservación de las semillas, solo que no existen las referencias o simplemente no han sido evaluadas; por tanto. Potencialmente existen opciones que faltan por evaluar, existiendo esa posibilidad para que los productores puedan evaluarlas y sacar sus propias conclusiones.

Consideraciones finales

Cualquier lector al leer una larga lista de alternativas que nunca han utilizado, concluye por desecharlas todas, al no saber por donde comenzar. Se recomienda asumir la siguiente filosofía:

1. Cada productor es un investigador más.
2. Comenzar por tratar de resolver el problema que económicamente más afecta.
3. Todo lo que se pruebe, si no provoca efectos positivos tampoco serán negativos.
4. Todo lo que resulte positivo de lo que se pruebe, se convertirá inmediatamente en una ganancia económica.
5. El tiempo que se emplee en probar algo que no resulte positivo, servirá de conocimiento para refutar cualquier propuesta.
6. Cada nueva alternativa natural que resulte eficiente, servirá no sólo de sostén económico, sino también será fuente de vida para la preservación de los agroecosistemas.

Bibliografía

Álvarez-Febles, N. (1994). La tierra viva. Manual de Agricultura Instituto de Educación Ambiental de la Universidad Metropolitana. Puerto Rico, p 108 -109

Estrada, J.; López, M. T. (1996) Los bioplaguicidas en la Agricultura Sostenible Cubana – Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT) C. Santiago de Las Vegas, Ciudad Habana

Hernández, A. (2001) Plaguicidas Naturales. ¿Cómo mantener sus cultivos y animales libres de plagas?. Uso de preparados, asociaciones y rotaciones. Editorial Félix Varela, La Habana, 97 p.

Mejía C., J. (1991) Manual de Alelopatía básica y productos botánicos, 1ra. Ed., Editorial "Kinggraf LTDA, Santa Fe de Bogotá.- Bogotá, Colombia.

Roig, J. T. (1974) Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. Instituto del Libro. 3ra. ed. La Habana, Editorial Científico Técnica, 1125 p.

Stoll, G. (1989). Protección Natural de cultivos con recursos provenientes de las granjas en las zonas tropicales y subtropicales. Ed. Cient. F. Josef Margraf p 147-165.

Universidad de Pinar del Río (1997) Plaguicida Natural "FAPHY". Plegable. MERCADU,

**LA INTEGRACION DE LA BIODIVERSIDAD AGRICOLA Y PORCINA
TRADICIONAL APROPIADA
EJEMPLO REGION ORIENTAL DE CUBA**

Dr.C Francisco Jesús Velázquez Rodríguez



Cría de cerdos y ovejas en Finca de Tunia, Boyacá Colombia (Foto: A. Leyva)

Introducción

El Desarrollo Rural sustenta sus bases sobre las experiencias de sus Recursos Humanos, que han trasmítido sus conocimientos de generación a generación desde la Colonia hasta nuestros días. Pero desde luego el desarrollo Científico – Técnico de los países desarrollados han transferido sus resultados intensivos a los países en vía de desarrollo, unos traídos por nacionales y otros por las grandes empresas transnacionales. En el trópico para la crianza porcina se tiene que importar alta tecnología, grandes cantidades de cereales y fuentes proteicas, haciendo este sistema de producción dependiente de la importación, y de la agricultura de otros países, desde luego esto ocurre con otras especies aves, bovinos leche y carne, etc.

El propio desarrollo ha impuesto muchas veces renegar la agricultura apropiada sostenible, y no se ha pensado en una armonía de los resultados científicos - técnicos empíricos y experimentales, para diferentes escalones de producción alto, medio y bajo, para que todos contribuyan a la seguridad alimentaria de los pueblos y la sostenibilidad del Medio Ambiente.

Cuba se encuentra ubicada dentro de los 25 santuarios de la conservación del planeta, como uno de los puntos clave terrestre más rico en “oro verde”. El equipo de investigadores dirigidos por el británico Norman Myers (Universidad de Oxford) y por la ONG Conservación Internacional (Revista Correo de la UNESCO, 2000) tienen como finalidad adoptar un programa mundial de salvaguarda de estos santuarios que se estima contiene el 44 % de la flora y el 35 % de las especies vertebradas; en esta zona la densidad demográfica es dos veces superior a la media mundial (Plana, Teresa y Danilo Guerra, 2000).

Actualmente la agricultura moderna ocupa del 25 – 30 % de los suelos del mundo, sin embargo es considerada una de las principales causas de disminución de la biodiversidad, determinado por la tendencia que ha existido a simplificar la estructura del medio ambiente, reemplazando la diversidad natural por un pequeño número de plantas, cultivos y animales domésticos (Pérez, Nilda et al, 2003). Apenas 15 plantas y siete animales son responsables de 90 % de los alimentos que consumimos. La ecobase alimentaria de la humanidad es muy estrecha y vulnerable y cualquier desequilibrio podría ser una catástrofe (González J, E, 2002).

Los Cerdos Criollos en Cuba presenta 26000 ejemplares puros, En 1997 la población era de 60000 y fue decreciendo hasta 25700 cerdos e el año 2003, en el año 2004 empieza su recuperación creciendo en casi 900 ejemplares. Además tienen su espacio otras especies criollas y autóctonas como las siguientes especies: Gallinas Cubalaya; en sus dos variedades negras y blancas, Patos Criollos, Ovinos Pelibuey, Cabras Criollas, Guineas (en sus diferentes variedades), Gallinas semirrústicas camperas, Faisanes (donde se incluyen los faisanes propiamente y los Pavos Reales), vacunos criollos, abejas Meliponas y biajacas Criollas (Revista ACPA, 2005).

Los ámbitos abarcados por la agrobiodiversidad puede definirse así (González J, E, 2002):

- Los recursos filogenéticos para la alimentación y la agricultura, incluyendo sus parientes silvestres.
- Los recursos zoogenéticos de granjas agrícolas y acuicultura y otros animales como insectos (abejas y gusanos de seda, etc.).
- Los recursos genéticos de hongos y microorganismos y componentes biológicos de los suelos.
- Los factores abióticos que tienen efectos determinantes en los diferentes aspectos de la agrobiodiversidad.
- Las dimensiones económicas, culturales y sociales que determinan las actividades agrícolas, como el conocimiento tradicional de las

comunidades locales, los factores culturales y los procesos participativos, el turismo agrícola y otros factores socioeconómicos ligados a la actividad agrícola.

La agricultura agroecológica se impone en nuestros tiempos, la vida armónica entre el hombre y la naturaleza, es una solicitud agrito de los pueblos, que aman la vida la belleza y la perpetuidad de nuestra especie. La respuesta que se ha obtenido de la naturaleza en los últimos tiempos son desastres totales, tanto en los países en vía de desarrollo como los desarrollados, la alerta esta dada. Las alteraciones causadas por los hombres al medio, están cobrando miles de vidas, por ello no podemos seguir destruyendo a nuestro mundo.

Las especies animales, sus razas, híbridos, líneas, su gran desarrollo genético no puede ser la desaparición de los menos productivos, por que son las más resistentes al medio de pobreza, y contribuyen a la alimentación de millones de habitantes de este planeta, por ello nuestro objetivo de mostrar mediante un ejemplo la integración de la biodiversidad porcina y agrícola tradicional apropiada.

Antecedentes y descripción histórica

Según Velázquez y Pohlan (2001) la ganadería era desconocida por los indígenas del subcontinente Latinoamericano, no existían las especies: bovino, porcino, las aves de corral, Ovino - caprina, equinos. Las mismas comienzan a poblar las regiones de América Latina y el caribe desde el descubrimiento de éstas tierras por los colonizadores españoles, fundando sus primeras poblaciones en diferentes puntos de su interés estratégico.

Laguna Sanz (1998) comenta que la introducción inicial del ganado porcino español en América, se produjo en ocasión del segundo viaje de Colón en 1493 y fue relatado por Fray Bartolomé de las Casas en la “Historia de las Indias”. De acuerdo a su relato ocho fueron los cerdos que dieron inicio a todos los cerdos que poblaron las Antillas y que se multiplicarían infinitamente en poco tiempo. Esto formaba parte de la política de los Reyes Católicos en el fomento de una importante ganadería en el área de las Antillas que sirviera de abastecimiento a las expediciones de conquista del territorio continental americano y era Cuba un enclave básico de avituallamiento en toda la primera etapa de la misma.

Rico (1999) es del criterio que el cerdo Criollo Cubano igual que sus similares que habitan el resto del área del caribe y de Latinoamérica, tienen su origen en cerdos de origen Ibérico, traídos durante la colonización por

los españoles al nuevo mundo. Criterio compartido por Santana et al (1999) y Santana (1999 y 2000) donde le atribuye el mismo ancestro, planteando que el Criollo Cubano tiene su origen en las estirpes pertenecientes a los troncos mediterráneos del sur de España y llega a nuestro país con la presencia española a fines del siglo XV.

Otros autores cubanos como Diéguez (1995) y Velázquez et al (1998) también comparten el origen Ibérico del cerdo Criollo Cubano y que su introducción ocurre durante los primeros viajes de los españoles al continente americano.

Por otro lado Velázquez et al (1998), plantean que la explotación del cerdo Negro Criollo de Cuba se remonta a casi 500 años de antigüedad y el mismo presenta en general gran similitud de rasgos corporales con los actuales cerdos mediterráneos de la región sur de España.

Theguenin (1961), igual que otros autores defiende un origen ibérico para el cerdo Criollo Cubano, aceptando que los primeros animales fueron introducidos procedentes de España, los cuales presumiblemente procedían del tronco de cerdos mediterráneos (ibéricos). Pero además este mismo autor alerta que no se puede olvidar que la mayoría de las embarcaciones que llegaban a América partían de los puertos andaluces haciendo escala en las Islas Canarias, y es lógico que los primeros animales transportados procediesen de las áreas de influencia de los puertos españoles.

En esta misma línea de razonamiento Rodero et al (1992), hacen una sugerencia que permite pensar que en la formación del cerdo Negro Criollo Cubano también pudieron intervenir cerdos prehispánicos presentes en las Islas Canarias de distinto origen a los mediterráneos. En aquella época las Islas Canarias eran paso obligado de todas las travesías transoceánicas hacia América y es lógico suponer que aquellos animales presentes en las islas no viajaron desde la península sino que por el contrario se cargasen en los puertos canarios para ahorrar cargas innecesarias.

En el trabajo ya referido de Velázquez et al (1998) se hace un recorrido histórico sobre la evolución que ha tenido el cerdo Criollo en Cuba, se describe que estuvo presente en los primeros tiempos de la agricultura y se caracterizaron por un periodo pastoril, especialmente en las provincias orientales. Este animal se explotaba principalmente para la obtención de cuero, que servía para intercambiarlo por esclavos (Friedlaender, 1978), situación que se mantuvo así durante toda la centuria del XVI.

Desde los siglos XVII y XVIII en adelante siguió el crecimiento de la ganadería pero ya orientada principalmente a la obtención de carne. Se establecieron hatos de cría para ganado mayor y menor, los que muy pronto fueron tan productivos que su influencia llegó a tener verdadera importancia en el desarrollo económico del país. El gobierno colonial tomando en cuenta este desarrollo de la ganadería procedió a la concesión de tierras destinadas al fomento y explotación de esa fuente de riqueza (Revista ganadera, 1956).

La ganadería mayor no prosperó hasta la segunda mitad del siglo XVIII. Las fincas se dividían en zonas de sabanas, destinadas a la explotación del vacuno; las tierras quemadas recién desmontadas, para abrir paso a nuevos pastos o cultivos; y los montes, zonas boscosas o arbustivas que servían para provisión de madera y almacén de fruta para el ganado de cerda (Le Riverend, 1974). Este mismo autor continúa expresando que cuando entran en consideración dentro de la estructura agraria la explotación tabacalera y la plantación de la caña comienza la disolución de las grandes haciendas ganaderas, integrando al cerdo Criollo dentro de los minifundios explotados intensivamente como una producción alternativa de la economía familiar.

Entrada la segunda mitad del siglo pasado comenzó en Cuba la explotación porcina intensiva con razas selectas (Las primeras razas selectas introducidas fueron la Duroc Jersey y la Hampshire, procedentes de Estados Unidos primero y posteriormente desde Canadá, durante la década del 50 del pasado siglo), y con ello la población del Criollo se redujo considerablemente, quedando reducida a las zonas rurales fundamentalmente en la región oriental del país. A partir de la introducción de las razas importadas, comienza una disociación de la Criolla por dos vías fundamentales: el desplazamiento casi total de ésta para utilizar las de mayor productividad y por otro lado el cruzamiento indiscriminado con éstas últimas.

Estas realidades han condicionado que algunos investigadores se refieran a esta situación en los términos siguientes: el cerdo Criollo Cubano (bien entendido de origen Ibérico) ha sufrido un proceso de mestización a lo largo de cinco siglos fundamentalmente con cerdo Duroc y Hampshire (Diéguez et al, 1994). Este mismo autor y et al (1996) afirma que el sistema de producción tradicional ha sido extensivo y de traspatio, prácticamente sin ningún trabajo de selección artificial y que aún en la actualidad este tipo de cerdos no está incluido en el programa nacional de cruzamientos.

Otros autores Cubanos que comentan sobre la estructura genética del Criollo Cubano (ICA., 1995) consideran que el actual cerdo Criollo que encontramos en Cuba, presenta un origen heterocigótico, pues a la inicial sangre mediterránea de los troncos ibéricos se sumó recientemente gran influencia de las razas Duroc y Hampshire.

Al referirse a su morfología y a sus aspectos productivos (Santana, 1999) dice que los cerdos criollos son animales de tipo graso y de mediano tamaño, que presentan diferentes coloraciones en su capa, ya que en muchos casos, se han venido cruzando con otras razas a lo largo de los años y además que son animales rústicos, con bajos rendimientos en términos de reproducción y crecimiento, cuando se les compara con los procedentes de razas mejoradas bajo regímenes intensivos, pero sin embargo, bajo las prácticas habituales de manejo, alimentación y sanidad en que se encuentran, no requieren grandes insumos.

Situación actual del Cerdo Criollo en Cuba.

Actualmente existen en todo el mundo más de 100 razas de cerdos reconocidas, mejoradas y especializadas, y más de 270 razas locales no mejoradas de características rústicas. Este es el caso del cerdo Criollo Cubano, raza de especial importancia dentro de los nuevos requerimientos del agro cubano (Barba et al, 1998).

El panorama de la porcicultura cubana experimenta un cambio a partir del inicio de la década del noventa del pasado siglo, por el impacto negativo causado al sector porcino nacional industrializado a consecuencia del derrumbe del campo socialista, esto lo confirma los planteamientos de Pérez Valdivia (1996), cuando expresó, *en los últimos años y con la caída del Campo Socialista la producción especializada sufrió un duro golpe, pues se redujo de forma importante las importaciones de pienso, que consistía casi en el 50 % de la materia seca que consumían los cerdos en los sistemas intensivos de producción.* Estas aseveraciones explican por qué a partir de ese momento, se comienza a pensar en el Criollo, como animal capaz de sobrevivir y aportar producciones considerables en medios desfavorecidos, capacidades que lo potencian como una opción fundamental para lograr un desarrollo sostenible y sostenido del agro cubano. De manera que es a partir de la desaparición del bloque Socialista de Europa del Este cuando resurgen los programas de cría con perspectivas para esta raza; atendiendo a que aquellas seleccionadas son muy exigentes y reducen significativamente sus rendimientos productivos, al ser sometidas a los sistemas de alimentación no convencionales de Cuba,

donde desaparece casi por completo los cereales de la dieta, así como otros elementos tecnológicos e insumos necesarios para su adecuado mantenimiento.

Como habíamos comentado antes, la situación económica, comercial y financiera de los años noventa del siglo pasado y su marcado impacto negativo en el sector porcino nacional, conllevó a pensar más seriamente en el protagonismo del cerdo Criollo en los sistemas alternativos de producción, lo cual podía constituir una vía para asegurar un desarrollo sustentable de la rama; se comienza a trabajar en esa dirección y se obtienen determinados resultados, a la vez se continuaba en la búsqueda de nuevas opciones para mantener la producción industrial, entre ellas algunas de tipo estructural y productiva, con las cuales se alcanza una discreta recuperación de la actividad productiva, que no llega aún a los niveles que se poseían en épocas anteriores. Entre los cambios producidos se establece que la forma de producción pasaba a ser de forma bifásica, donde el sector especializado desarrollaría la fase reproductiva y la Preceba y la fase de Ceba estaría en manos de Productores individuales y otras entidades, sobre la base de un convenio con la Empresa porcina, la cual se responsabiliza con suministrarle parte de la alimentación y otros insumos, y la otra parte se compromete a vender sus producciones a esta, para su posterior comercialización.

Como soporte técnico para esta forma de producción, se comienza con la prestación del servicio de asesoría técnica a los productores individuales y demás entidades, creándose un dispositivo o departamento llamado Servicios Técnicos Territoriales de las Empresas Porcina. También aparece un elemento novedoso en la porcinocultura cubana, se comienza a prestar el servicio de Inseminación artificial (IA) al sector privado y al no especializado, pudiendo tener acceso a ello toda la población; tecnología que sin dudas ha contribuido a incrementar los volúmenes de carne de cerdo producida en ese segmento productivo.

Sin dejar de reconocer estos aportes, consideramos que la práctica de la I.A, llevada a cabo como se realiza actualmente, utilizando sólo Semen con material genético de razas especializadas, de forma indiscriminada, sin ningún control sobre la estructura de las poblaciones, y por tanto sin una adecuada estrategia de mejora, se ha convertido en una seria amenaza para la preservación del cerdo Criollo, ya que como se puede apreciar, de persistir esta forma incontrolada y prácticamente excluyente de cruzamientos, se terminará en la extinción de este patrimonio genético.

Si bien consideramos de muy preocupante esta situación, también existen señales para albergar algunas esperanzas, y la sostenemos por tres razones fundamentales: la primera, extraída de nuestras vivencias en el trabajo con campesinos de las zonas montañosas del oriente del país, donde un número mayoritario de ellos apuestan por la continuidad de la crianza del Criollo, entre otras cosas por su gran adaptación a esas condiciones y por el aporte de grasa a la alimentación familiar. Una segunda razón estriba en la sensibilidad y la ocupación demostrada por las instituciones científicas e investigadores del país, en su que hacer por conocerlo más y conservar este recurso genético. Y otra razón muy importante es la voluntad política demostrada por las autoridades del país, en favor de preservar la biodiversidad en general, lo cual se hace patente en la responsabilidad y agilidad con que el país ha ido instrumentando los acuerdos y disposiciones aprobados en la cumbre de Río de Janeiro en 1992.

A nuestro juicio, las iniciativas y acciones más relevantes llevadas a cabo en el país para conservar y mejorar este patrimonio genético son las siguientes:

- I. Puesta en marcha del proyecto Tipificación del cerdo Criollo, llevado a cabo por el Instituto de investigaciones porcinas (IIP); la Empresa nacional genética porcina (ENGP) y el Ministerio de la agricultura (MINAGRI).
- II. Fundación del centro genético con animales de esta raza.
- III. Desarrollo del proyecto Estructura genealógica en el rebaño racial del cerdo Criollo Cubano, con participación de le ENGP y el IIP.
- IV. Realización el 1 de julio del 2000 de un Taller Nacional sobre el cerdo Criollo Cubano, como preparación al Congreso iberoamericano de razas autóctonas y criollas.
- V. Realización del V congreso iberoamericano de ganado autóctono y criollo celebrado en La Habana en Diciembre del año 2000.
- VI. Inicio de los trabajos de caracterización genética de la raza con marcadores moleculares de ADN por parte de la Universidad de Granma y la Unidad de Veterinaria del Departamento de Genética de la Universidad de Córdoba España.

Las deliberaciones y conclusiones del mencionado Taller nacional, permitieron hacer algunas sugerencias al Grupo Porcino Nacional (GRUPOR), entre las más significativas y que constituyen hoy objetivos de trabajo, se pueden mencionar:

1. La necesidad de conservar el Criollo Cubano en las condiciones de

- tenencia para las que está diseñado genéticamente.
2. Necesidad de elaborar un Programa de mejoramiento genético del Criollo Cubano que se ajuste a los objetivos de conservación de un recurso genético y no como el actual diseño para las razas especializadas.
 3. Un objetivo básico en el programa del Criollo debe ser su evaluación en cuanto a sus posibilidades como productor de jamones de tipo ibérico.
 4. Existe cierta evidencia empírica de que el cerdo criollo existente en la zona occidental, específicamente en la zona de Pinar del Río, difiere al menos morfológicamente del existente en el resto del país, por lo que consideramos deben realizarse estudios que permitan definir esta situación.

No obstante todo lo anteriormente dicho, a Santana (2000) le asiste la razón al plantear que a 60 años después de lo expresado por Peraza (1941), la situación no ha cambiado mucho para el cerdo Criollo Cubano: así hoy en día la población del Criollo sigue siendo de primer grado, según la clasificación de Odrizola (1946), puesto que está aún muy vinculada a la tierra, controlada por un gran número de productores y sus directrices básicas siguen siendo los hábitos de consumo y la adaptación al medio natural.

A continuación abordamos un aspecto que obligadamente se ha de tener en cuenta al realizar trabajos en favor de la conservación de un recurso genético animal, el cual consiste en el análisis de la evolución del inventario de sus efectivos o las estimaciones de los censos. El estimado de cerdos Criollos en Cuba, según las estadísticas reportadas por los Servicios Técnicos Territoriales de las Empresas porcinas (clasificación por fenotipos), ha tenido el siguiente comportamiento:

Región	Masa total	Cerdas	% del total de cerdas en la región
Occidental	133685	16550	31.3
Central	353805	65148	72.2
Oriental	856222	162389	92.0
Total	1343712	244087	

Tabla 42. Estimado de existencia de cerdos criollos. 1^{ro} de enero de 1998.
(Fuente, Cuba Minagri, 1998)

Este procede de los censos por caracterización física realizados por los Servicios Técnicos Territoriales de las Empresas Porcinas (Cuba, Minagri, 1997). Dentro de estos cerdos hay un número no pequeño de animales de mestizaje incierto y tipo silvestre particularmente en la provincia de Pinar del Río, en cuya composición parece haber intervenido con más fuerza la raza Tanworth como ya señalara Peraza (1941) muchos años atrás.

El estimado de existencia de cerdos Criollos y mestizos de Criollos el 31 de Diciembre de 1999 (tabla.43), aparece subdividido en las tres regiones básicas del país (Cuba, Minagri, 2000).

Región	Masa Total	%	criollos	%	Mest.Criollos	%
Occidente	591 192	24	125 874	22	114 229	19
Central	633 288	26	231 121	36	149 665	24
Oriental	1 228 696	50	679 307	55	225 997	19
Total	2 453 176	100	1 036 302	42	489 891	20

Tabla.43 Estimado de existencia de Cerdos Criollos en Cuba el 31 de Diciembre de 1999. (Fuente, Cuba, Minagri, 2000).

El reporte de la existencia estimada de Reproductoras Criollo cubano en el sector no especializado, hasta el 31 de diciembre del año 2000 se muestra en la tabla siguiente.

Región	No. Reproductoras	Masa total	% de Criollos y Mestizos	% de Criollos
Occidental	33 791	231 136	48.3	22.2
Central	91 862	462 403	63.3	31.2
Oriental	174 770	721 512	82.7	57.6
Total	300 423	1 415 051	68.0	40

Tabla 44. Estimado de la existencia de cerdos Criollo Cubano y Mestizos de Criollo en el sector no especializado hasta el 31 de Diciembre del 2000. (Fuente: GRUPOR, 2001)

Tecnologías tradicionales empleadas en la crianza de cerdos Criollo.

Crianza de patio: presenta varias variantes, las cuales se clasifican:

- a) Corrales rústicos.
- b) Soga.
- c) Libres.

- a) Corrales rústicos.

Utilizados por más de 400 años, se compone de madera rolliza, tomada directa de árboles que permiten, por la dureza de su madera mucho tiempo de uso, altura de 0,90 m, largo 2 m y ancho de 1 m, el piso es de tierra, con una inclinación de 15°, que no permite que se estanke el agua en todo el perímetro del corral desagües realizados en el suelo cavado como canales. En cada extremo y en los medios de cada lado, dos maderas rollizas en paralelo por donde pasaran las otras maderas que forman el corral, y luego se amarran con la corteza seca guama, alambre o se clava.



Crianza de patio, variante corral

- b) Soga.

Utilizado por casi medio siglo, para las fases de reproducción o crecimiento – ceba del cerdo Criollo, amarra individual, con una soga a un poste o árbol, y se rota por las áreas de alimentación o se le lleva el alimento.

c) Libres.

Crianza libre en las áreas de vivienda en su patio y colindantes.

Crianza libre, limitada por cerca perimetral, denominado Coto porcino, en área con ríos, frutales, y casa rústica para preservar los alimentos como palmiche o restos de productos agrícolas, en este sistema se cambia el semental cada año para evitar consanguinidad, el grupo de animales andan en conjuntos.



Grupos de animales en el coto porcino



Casa rústica para preservar los alimentos

La salud animal

Para la solución de los problemas sanitarios que se presentan en los animales, se emplea un grupo de plantas medicinales como, ají (*Capsicum spp.* L.), albahaca (*Ocimum basilicum* L.), caléndula (*Calendula officinalis* L.), entre otras, que fueron estudiadas por Barrera y col (2005) en un levantamiento florístico del municipio Bayamo.

Alimentación del cerdo Criollo Cubano.

La alimentación del cerdo Criollo Cubano requiere mucho de arte, de empirismo, ya que no todos los conocimientos técnicos obtenidos se le pueden aplicar, dada sus características de crianza, si revisamos los trabajos de investigación científico cubanos, vemos que es muy escaso el número de publicaciones que se refieren al cerdo Criollo Cubano, y no encontramos investigaciones en esta raza en su medio natural.

El proceso de producción pecuaria, agrupados en naturaleza (suelo, clima, planta, animal), los objetivos e instrumentos de trabajo y el hombre, de cuyas interacciones obtendremos, el ecosistema específico, las tecnologías y las modalidades social – productivas que forman el sistema de producción pecuaria (Velázquez y Pohlan, 2001), sobre esta base aún no tenemos investigaciones en la alimentación del cerdo Criollo Cubano.

El cerdo criollo presenta cierta irregularidad en su apetito, pudiendo observarse en ciertos días una tremenda voracidad y en otros una inapetencia caprichosa. Esta irregularidad se debe en gran parte a la herencia, siendo resultado de las duras condiciones de vida en que ha procreado por largas generaciones (INRA, 1965).

Durante la etapa de 1988 a 1994 se desarrolló, para los criadores de cerdo Criollo Cubano un anteproyecto instructivo técnico de la crianza porcina en la montaña (Velázquez, 1989 y Velázquez et al, 1993) en dos centros de la Academia de Ciencias de Cuba en esa etapa, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov de Granma y el Centro de Desarrollo de la Montaña en Guantánamo, en la Región Oriental, como resultados de campo, se estudiaron algunos alimentos, para este cerdo en condiciones naturales, de los cuales mencionaremos:

1.-Palmiche (*Roystonea regia*, Cook. V.).



La Palma Real de Cuba, que produce el palmiche

El palmiche es uno de los más importantes productos naturales con que contamos para la alimentación del cerdo criollo, por ello debe brindársele una atención especial a su recogida debido a su valor nutritivo.

Materia Seca: 86 %; Proteína Bruta: 6.1 %, (3.7 % de Proteína Digestible), Fibra Bruta: 23.0 %; Extracto Etéreo: 8.3 %; Ceniza: 5.5 %; proporciona cerca de 11.7 Mj. / kg de MS.

La palmiche que no es comida directamente del suelo por los cerdos, es recogida, debe darse molida y combinarse con alimento de escaso contenido de fibra. El palmiche debe suspenderse en los últimos 25 días de ceba, ya que produce una grasa ligera, que hace mermar notablemente su rendimiento en canal. No debe suministrarse a las crías lactantes.

2.- Bananas y plátanos (*Musa paradisiaca L.*).

Las bananas y los plátanos resultan un buen alimento para los cerdos.

Composición química de la banana y plátanos (enteros).

Producto	Agua %	Proteína %	Grasa %	Fibra Bruta %	Ceniza %
Banana	80	1.0	0.2	1.0	1.0
Plátano	62.6	1.9	0.4	0.8	1.3

Presentan las características de ser extremadamente pobres en proteína.

3.- Yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

El tubérculo de la yuca es fundamentalmente una fuente de energía, donde tanto el contenido de grasa como el de fibra no son importantes, por lo que el aporte energético proviene fundamentalmente del extracto libre de nitrógeno (80 % de BS.), el cual consiste en un 80 % de almidón y un 20 % de azúcares.

El contenido de proteína de las hojas de yuca es alto, por lo que ofrece otra perspectiva, para la utilización de este cultivo en la alimentación porcina.

Composición química de la yuca (BS.):

	Tubérculo de la yuca	Hoja de la yuca
Proteína Bruta	2.9	20.2
Extracto Etéreo	1.4	6.2
Fibra Bruta	5.0	29.0
cenizas	2.3	7.8
ELN	98.4	36.8

4.- Calabaza (*Cucurbita pepo* L.).

Las calabazas son muy acuosas. El fruto completo tiene de 10 – 12 p.100 de MS, y 1.3 % de PD, de ELN 7.67 %; lípidos 0.6 %; FB 2 % y 1 % de Cenizas. Se puede aprovechar bien cuando no hay suficiente pasto verde.

5.-Cítricos (*Citrus sinensis* (L.)Osbeck.).

El cítrico es un cultivo estacionario, en determinada épocas del año hay disponible un gran volumen de desechos industriales de frutas cítricas.

Cuando las frutas cítricas se procesan para obtener jugo, queda como residuo del 45 al 60 % de su peso en forma de cáscaras, hollejos y semillas;

tienen un bajo por ciento de MS entre 18.8 a 23.5 %, PB entre 6.2 a 7.2 %, EB 15.59 a 17.30 Mj. / kg de MS, estas cifras varían dependiendo de las variedades.

6.-Fruta bomba (Carica papaya).

Contiene 0.5 % de PD y 8.3 % de carbohidratos, además vitaminas A, B1, C, minerales como Fe, Ca, P y S.

7.-Caña de azúcar (*Sacharum officinarum*).

Es una de las poáceas más cultivadas en Cuba por su adaptación a nuestro clima tropical, siendo este cultivo un importante recurso económico en nuestro país, muy utilizado en la alimentación del cerdo.

La caña de azúcar, toda la planta presenta las siguientes características bromatológicas en base seca: MS: 26.0 %

PB: 2.0 %
 FB: 7.9 %
 Cenizas 1.5 %
 EE: 0.7 %
 ELN: 14.0 %

El fraccionamiento de la caña de azúcar presenta: cogollo 30 %, caña limpia 70 %. El fraccionamiento de la caña limpia 50 % de jugo y bagazo 50 %.

El rendimiento: caña completa (bajo rendimiento) 43 t / ha / año (base fresca) y MS 15.5 (t / ha / año), alto rendimiento: 103 t / ha / año (base fresca) y MS 38.0 t /ha /año.

Repercusiones sociales y económicas reales y potenciales

La producción porcina, fue muy afectada con la reducción de importación de cereales, luego de la caída del campo socialista en la década del 90, hoy es una de las producciones que más rápido se ha recuperado, con una explosión de cerdos en el sector no especializado y sobre todo en el sector privado. Estos medianos y pequeños productores se adaptan mejor a las nuevas condiciones de crianza donde los insumos son mínimos y el vínculo tierra - animal es decisivo (ICA, 1998). Entre las producciones más significativas que crecen se encuentra la carne porcina en pie, 10,7 % en 1999 (Rodríguez, J L, 2000). Es de destacar el hecho de que la masa del sector no especializado ha crecido 2,3 veces entre 1998 y 1995. Esto evidentemente muestra que el cerdo es la especie animal de mayor

potencial productivo en Cuba, pues es la única que ha logrado recuperar su masa en medio de una difícil y compleja situación económica (ICA, 1998).

El cerdo Criollo Cubano juega un papel importante en este crecimiento económico, los propios estimados realizados por los Servicios Técnicos Territoriales de las Empresas Porcinas lo demuestra, el estimado de existencia de cerdos Criollos, el 1er de enero de 1998, fue de 1303712 animales (Cuba, Minagri, 1998), el 31 de diciembre del 2000, 1415051 cerdos (GRUPOR, 2001), teniendo un crecimiento de un 5 % la masa en 2 años. Se estima que alrededor del 50 % de la masa nacional son Criollos o mestizos de Criollos. En el sector no especializado el 74 % de los cerdos que se crían son Criollos o mestizos de Criollos, constituyendo de hecho una fuente de alimentación y de ingresos adicionales para sus criadores.

El hombre cubano, que explota el cerdo Criollo Cubano casi 500 años de antigüedad, transmitiendo de generación a generación su cultura. En la actualidad representa un sector importante dentro de la economía rural cubana ya que la mayor parte de los censos se distribuyen en explotaciones familiares (Velázquez et al, 1998).

La política de la explotación porcina en Cuba se ha hecho eco de las posibilidades del cerdo criollo dentro de la situación actual del país, y la raza está siendo utilizada en los diferentes sistemas de explotación, se realiza formación del rebaño en pureza, el trabajo de preservación y mejoramiento genético, además de la evaluación de sus indicadores. El trabajo de mejoramiento en el rebaño puro ha tenido resultados positivos con un incremento en los niveles de fertilidad y crecimiento. Por tanto, es de esperar que esta población continúe aumentando cuantitativamente sus efectivos, con la posibilidad de configurarse como una excelente alternativa económica y de desarrollo sostenible de Cuba.

Conclusiones

Está demostrado que la armonía hombre – naturaleza se logra a través de los deseos y conocimientos de los Recursos Humanos. El ejemplo tratado el Cerdo Criollo en su medio, puede desarrollarse con los productos naturales agrícolas y de resultados científicos en medios de bajos insumos. La integración agrícola y porcina es un ejemplo, igual que cualquiera especie pecuaria criolla puede integrarse al medio natural rustico con una agricultura ecológica. La producción animal está dirigida de acuerdo a los planos nutricionales, alta rusticidad requiere animales físicamente adaptables a estas condiciones, lo cual se logra con especies criollas.

Los recursos naturales agrícolas nos brindan alimentos (que representa el 75 % del costo del cerdo), plantas medicinales, las instalaciones rústicas, por ello debemos saber integrar al medio los recursos naturales pecuarios, es una tradición de siglos mejoradas empíricas y científicamente por el hombre, a veces divorciada de las leyes de la naturaleza, lo cual trae la no sostenibilidad de esos sistemas de producción agropecuarios.

Bibliografía

- Barba, C., Velázquez, F., Pérez Hernández, J. Sierra y Delgado, J.V. (1998). La sostenibilidad del cerdo negro Criollo Cubano dentro del desarrollo integral de la montaña". *Archivos de Zootecnia. Vol 47 , No.178-179; pp 557 - 559.España.*
- Barrera, H., Chacón, F., Milanès, M., E., Velázquez, Ceiro, W., Rodríguez, E. y Maritza Baró. (2005) Levantamiento florístico de plantas medicinales en el municipio Bayamo. Presentación Flash. Presentado en el XVII Congreso ALAM (8 al 11 de noviembre), Varadero, Cuba.
- CUBA, MINAGRI, GRUPOR, IIP, (1997). Estimado de existencia en los sectores no especializados, p.12.
- CUBA, MINAGRI, GRUPOR, IIP, (1998). Estimado de existencia en los sectores no especializados, p 11. Cuba.
- CUBA, MINAGRI, GRUPOR, IIP (2000). Informe del trabajo de los servicios territoriales porcinos en el año 1999, p.9.
- Diéguez, F. J., J. Ly e Iris Pérez (1994). Crecimiento y canales de cerdos Criollo y CC21 alimentados con miel y soya. Rev. Comp. Prod. Porcina 1(1). Cuba.
- Diéguez, F. J. (1995). Programas genéticos: el papel de las razas porcinas especializadas y criollas en diferentes formas de explotación. Rev. Comp. Prod. Porcina 2(3). Cuba.
- Diéguez, F. J., López, J., Santana, I. y Arias, T (1996). Potencial de producción de cerdos criollos en diferentes condiciones de explotación. Porcicultura'96. La Habana. Programa Resúmenes. MR - 2: 22.
- Friedlaender, H. (1978) Historia económica de Cuba. Edit. Ciencias Sociales. La Habana.
- GRUPOR (2001) Estimados de existencia de cerdos en los sectores no especializados, pp. 1 - 12. MINAGRI, Cuba.
- Le Riverend, J. (1974). Historia económica de cuba. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- ICA (1995). XXX aniversario del Instituto de Ciencia Animal. Seminario Científico Internacional. La Habana, pp. 162-165.
- ICA (1998) Situación de la producción de proteína animal en Cuba. Manuel Agro - Red para la Ganadería. Tomo III, pp. 65 - 66. Editado: Instituto de Ciencia Animal, Ministerio de Educación Superior y Viceministerio de Ganadería, Ministerio de la Agricultura, Cuba.
- INRA (1965) El cerdo Criollo. Curso básico pecuario ganado porcino. Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), p 31. La Habana, Cuba.

- Laguna Sanz, E. (1998). El Cerdo Ibérico en la colonización y el poblamiento porcino de América. AECERIBER Solo cerdo Ibérico N 1 7 – 13. España.
- Peraza, V. M (1941) Mejoramiento del Cerdo Criollo. Revista de Agricultura y Ganadería # 1, pp. 138-141. Cuba.
- Pérez, Nilda; M.L. Báez; Regla González y J. Gil (2003) Indicadores de sostenibilidad y de impacto de las prácticas de control de plagas. Un estudio de caso. Programa Resumen V Encuentro de Agricultura Orgánica. La Habana, Cuba.
- Pérez Valdivia (1996) Análisis de la producción porcina actual y sus perspectivas. Taller Nacional de la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), La Habana..
- Planas Teresa y Danilo Guerra (2000) Recursos Genéticos Criollos: su relevancia en Cuba. Conferencias Plenarias. V Congreso Iberoamericano de Razas autóctonas y criollas. Memoria. 28 de noviembre al 1^{ro} de diciembre del 2000, pp.: 35 - 38. Hotel Palco, La Habana, Cuba.
- Odriozola, M. (1946). El Cerdo Victoriano y otros grupos raciales. INIA. Cuaderno 72. España.
- Revista ganadera (1956). Órgano oficial de la asociación de ganaderos de cuba. La Habana. 9-11.
- Revista ACPA (2005) Un legado a las generaciones futuras. Apoyo a la conservación y uso de los Recursos Genéticos. Edición Especial. pp.: 20 – 25. Cuba.
- Revista “El Correo de la UNESCO”, Mayo del 2000.
- Rico, Carmen. (1999). Rasgos reproductivos y de crecimiento en cerdos Criollo Cubanos. V Encuentro sobre nutrición y producción de animales monogástricos. Maracay, Venezuela. 109-119.
- Rodero, A., Delgado , J.V. y Rodero, E (1992) Primitive Andolusian Livestok and their implications in the discovery of America. Archivos de Zootecnia. Vol. 41 (extra), pp. 383 - 400. España.
- Santana, Isabel. (1999). Integración del cerdo criollo a los sistemas de explotación porcina. V EREM. Maracay Venezuela 97-100.
- Santana, Isabel., Trujillo, G. Y Agüero L. (1999). Análisis genealógico y consanguinidad en un rebaño Criollo. Rev. Comp. Prod. Porcina. 6 (1); 12 - 18. Cuba.
- Santana, Isabel (2000) Análisis genealógico y de la consanguinidad en el Centro Genético del cerdo criollo cubano. Tesis presentada en opción al título académico de Master en “Explotación porcina”. Mención genética reproducción. IIP.77pp. Cuba.

Rodríguez, J. L (2000) Informe sobre los resultados económico del año 1999 y el plan económico y social para el año 2000. Cuba.: Resultados económicos y proyecciones para el 2000. IV Periodo ordinario del Parlamento Cubano, p.4.

Theguenin, R. (1961). El origen de los animales domésticos. Edit. Universitaria. Buenos Aires. Argentina

Velázquez R, F (1989.) Para engordar nuestros cerdos con recursos que tenemos. Revista turquino No. 2. pp. 16-17. Granma. Cuba.

Velázquez R, F., A. M. Acosta., O. López., P. L. Domínguez. y F. J. Diéguez (1993). Anteproyecto instructivo técnico de la crianza porcina en la montaña. Grupo de investigaciones porcinas. Academia de Ciencias de Cuba. 40 p.

Velázquez R, F., C. J Barba., E. Pérez Pineda y J. V. Delgado (1998) El cerdo negro Criollo Cubano: origen, evolución y situación actual. Archivos de Zootecnia. Universidad de Córdoba. Primer Congreso Nacional, 1997, pp. 561 - 564. España.

Velázquez R, F y J. Pohlan (2001). El papel de la ganadería en sistemas orgánicos del trópico latinoamericano. Capítulo II. La fruticultura orgánica en el Cauca, Colombia – un manual para el campesino, pp. 55-67. Shaker Verlag. Aachen. RFA.

BIODIVERSIDAD DE MICROORGANISMOS EN LA NUTRICION DE LAS PLANTAS LOS BIOFERTILIZANTES

Dra. C. Elein Terry



Plantas de tomate tratadas con biofertilizantes

Introducción

Los problemas ecológicos y económicos del mundo de hoy, han revitalizado la idea del reciclaje eficiente de los desechos orgánicos en la agricultura. En este contexto ha tomado auge el uso de alternativas orgánicas, con especial relevancia los biofertilizantes, de forma tal, que se está pretendiendo reducir al mínimo el uso de fertilizantes químicos como vía de nutrición de las plantas; pero el uso de los biofertilizantes en la actualidad, cobra más fuerza dentro del contexto de la Agricultura Sostenible, debido no sólo a su bajo costo de producción, sino también por la posibilidad que existe de poderse fabricar a partir de recursos locales renovables (Altieri, 1997).

Los biofertilizantes se basan en preparados que contienen organismos viables y se utilizan en la inoculación de semillas o en aplicaciones directas al suelo, con vistas a mejorar su fertilidad así como para acelerar el crecimiento de los cultivos como resultado del incremento de la densidad poblacional microbiana y por consiguiente de la actividad microbiológica en las proximidades del sistema radical (Hamdi, 1985)

Recientemente, Hernández (1997) los definió *como aquellos biopreparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo, potencializadoras de diversos nutrientes o productoras de sustancias activas, que se utilizan para aplicar a las semillas o al suelo con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes disponibles que pueden ser asimilados por las plantas o se hagan más rápido los procesos fisiológicos que influyen sobre el desarrollo y rendimiento de los cultivos.* Por otra parte Martínez (1994), ha indicado que los biofertilizantes incluían a todos los recursos biológicos que ayuden o estimulen el desarrollo de los cultivos agrícolas mediante transformaciones de elementos o compuestos que se encuentran en formas no aprovechables, de manera que se conviertan en formas que puedan ser utilizadas mediante la acción de los microorganismos o de asociaciones microorganismos - plantas.

Resumiendo los conceptos que pretenden definir los biofertilizantes, se puede aceptar lo señalado por Subramanien y Ranjaronjan en 1987, (citado por Ana Chiluvane 1994), al indicar que: los biofertilizantes juegan un papel importante en la Agricultura debido a la capacidad de fijación de nitrógeno que poseen ciertas bacterias, además de que mejoran la aireación del suelo y aumentan la masa orgánica de este. También excretan sustancias al medio circundante de donde son tomadas por las raicillas absorbentes de las plantas, produciéndose en estas un aumento del crecimiento, así como la síntesis de sustancias fungistáticas que al inhibir el crecimiento de los hongos fitopatógenos del suelo, promueven indirectamente el desarrollo de las plantas.

La producción de los biofertilizantes

A escala mundial muchos laboratorios se interesan por producir bioproductos con varios grupos microbianos que incluyen bacterias y hongos. Muchas veces estos productos se enriquecen con sustancias húmicas y certifica que aportan además de microorganismos, enzimas y vitaminas. Entre ellos pueden citarse:

- ESTIMULAC, HUMISTAC y AZOGREEN (Origen Francia)
- BIOGRAN y AMINORGAN (Origen España)
- PHYLAZONIT (Origen Hungría)
- MYCOSTAP (Origen Finlandia)
- AZOFERT, ECOMIC, FOSFORINA, BIORSTIN (Origen Cuba).

En el presente, la situación se ha ido definiendo en torno a algunos de estos bioproductos, en la medida en que su utilización en diferentes tipos de suelos y cultivos permite considerarlos como poseedores de un alto nivel relativo de calidad, siendo su principal ventaja el hecho de ser aplicables a cualquier modelo agrícola de altos o bajos insumos.

Sin embargo, es necesario aclarar que la relación microorganismo - suelo - planta, no puede utilizarse bajo todas las condiciones ambientales y que de estos sistemas, sólo se puede esperar una producción modesta, sin los gastos e incompatibilidad con el ambiente que tienen los fertilizantes químicos. Además, no todos los biofertilizantes tienen la misma función ni la misma efectividad; por lo que se hará una breve descripción atendiendo a los diferentes grupos de biofertilizantes existentes, considerando sobre todo aquellos que desde el punto de vista práctico tienen mayor eficiencia al menos, en la actualidad

Rizobacterias estimuladoras del crecimiento vegetal (RECV)

Se define como "rizobacterias", a todas las bacterias que poseen la aptitud de colonizar las raíces de las plantas de forma muy intensa (Schroth Y Hancok, 1981). Estas poblaciones microbianas juegan un papel muy importante en el desarrollo de las plantas, siendo capaces de colonizar las raíces de forma externa y, en algunos casos, internamente (Klopper y Beauchamp 1992); el interés sobre estas se ha basado en tres aspectos básicos: influencia en la nutrición de las plantas, protección de la raíz del ataque de patógenos procedentes del suelo y producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, tales como ácido indolacético, giberelinas, citoquininas entre otros (Lynch,1981).

Hasta la fecha, se han acumulado gran número de reportes acerca de microorganismos que aislados de diversos ecosistemas naturales, son capaces de excretar sustancias reguladoras del crecimiento vegetal. Estas sustancias orgánicas en pequeñas concentraciones influyen sobre el metabolismo de las plantas superiores conllevando a

variaciones en su crecimiento y desarrollo; entre ellas las más conocidas son las fitohormonas que son sustancias de elevada actividad biológica (Cobas, 1990).

En las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RECV) se agrupan a varios géneros microbianos que estimulan directa o indirectamente el crecimiento y desarrollo de las plantas mediante diferentes mecanismos. La estimulación directa provee a la planta no sólo de nitrógeno, sino también de sustancias tipo fitohormonas, así como solubilizadores minerales, entre ellos el fósforo.

En las últimas décadas, las rizobacterias han recibido gran atención debido a la capacidad de fijar nitrógeno (Burris y Roberts, 1993) y producir sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, características que las hacen potencialmente importantes en la Agricultura (Fages, 1994).

Entre las sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal se encuentran las fitohormonas dentro de las cuales se han detectado las auxinas, giberelinas y citoquininas. Estas se diferencian de los fertilizantes utilizados hasta el momento, tanto por la forma en que llegan a la planta, como por su modo de acción. Estos compuestos ejercen sobre los cultivos un efecto marcadamente positivo siempre y cuando se empleen adecuadamente. Bajo condiciones técnicas satisfactorias, ellas estimulan la germinación, el crecimiento inicial, el número de pelos radicales y la longitud de las raíces, así como aceleran la floración y fructificación.

Género *Azospirillum* spp.

Con relación al descubrimiento de esta bacteria, Bashan (1998), plantea que las primeras especies fueron aisladas por Beijerinck en 1925, de un suelo arenoso pobre en nitrógeno y fue originalmente llamado *Spirillum lipoferum*. Esta bacteria fue aislada posteriormente en suelo y de algas marinas en Indonesia. No fue hasta 1976, cuando Day y Dobereiner observaron actividad nitrogenasa en raíces de *Digitaria decumbens*, que se comenzó el estudio del género *Spirillum*.

Alrededor de los años 70, un colectivo de autores propuso a *Azospirillum* como género con base en diferencias morfológicas y fisiológicas entre varias cepas, distinguiendo dos especies: *Azospirillum brasiliense* y *Azospirillum lipoferum*. Se han descrito tres especies más: *A. amazonense*, aislada de pastos en el área del Amazonas en Brasil, la especie *A. halopraeferans*, asociada exclusivamente a raíces del pasto Kallar y la especie que degrada pectina, aislada a partir de raíces de arroz

A. irakense (Kaiser, 1995). La mayoría de las cepas aisladas en los últimos años pertenecen a las especies *A. brasiliense* y *A. Lipoferum*.

Las bacterias pertenecientes al género *Azospirillum spp* parecen ser muy promisorias como inoculantes para las plantas; ellas tienen un número de características interesantes que las hace adaptables para establecerse ellas mismas en el extremadamente complejo medio competitivo de la rizosfera (Franciska Waelkens, 1989). Esta autora plantea además, que las cepas de *Azospirillum spp* son muy versátiles en su utilización de fuentes de carbono y nitrógeno; ellas crecen perfectamente en ácidos orgánicos tales como malato y succinato, los cuales están presentes en los exudados de las raíces.

Como fuente de nitrógeno, ellas pueden usar amonio o nitrato y en condiciones microaeróbicas pueden ser capaces de fijar nitrógeno atmosférico.

Según Berge, Fagea, Mulard y Balandreau (1990), particular atención ha tenido el género *Azospirillum spp*, el cual puede fijar nitrógeno y son encontradas viviendo en asociación con las raíces de algunas gramíneas y cereales.

Los efectos reportados por la inoculación de este microorganismo parecen ser dependientes del tipo de planta hospedera, de la cepa de *Azospirillum spp* usada y de las condiciones del medio ambiente (Okon, 1982, citado por Christiancen 1990); este autor le llamó a la toma de nitratos, fosfatos y potasio por las plantas, como "efecto esponja de una inoculación de *Azospirillum spp*". Este microorganismo produce una asociación bacteria – raíz, capaz de estimular la producción de sustancias estimuladoras del crecimiento, incrementándose el número de pelos radicales y generando con ello una mayor superficie radical y mejor disponibilidad del agua y los nutrientes, debido a que las raíces pueden explorar un volumen mayor de suelo (Pozzom, Giorgetti, Martínez y Aschar, 1993).

La colonización de las raíces es el factor clave en el éxito de la interacción de las plantas con *Azospirillum spp*. Las especies de este género son conocidas por colonizar las superficies de las raíces de algunas especies de plantas (Bashan et al 1996), así como la corteza interior de las mismas. Generalmente, las células de *Azospirillum spp* pueden ser encontradas en cualquier lugar a lo largo de los sistemas de raíces inoculadas, pero ellas son concentradas principalmente en la zona de elongación y en los pelos radicales.

Por otra parte, Bashan (1998) plantea que los efectos más marcados son cambios morfológicos en el sistema radical. Estos cambios están directamente relacionados con las concentraciones del inóculo (niveles más altos que el óptimo pueden inhibir el efecto, mientras dosis bajas de bacterias pueden no afectar). La colonización de las raíces puede ser interna o externa; en la colonización externa la bacteria forma agregados pequeños y en la colonización interna las células de *Azospirillum spp* pueden colonizar las raíces penetrando dentro de los espacios intercelulares, aunque pueden colonizar enteramente el sistema radical. La colonización eficiente por las células de *Azospirillum spp*, después de la inoculación, es esencial para obtener una respuesta de las plantas a la presencia de la bacteria (Bashan y Mitiku 1991).

Estudios realizados por estos autores en raíces de tomate, demostraron que la población de bacterias estaba concentrada en la zona de elongación y de pelos radicales; la principal distribución en raíces de tomate fue localizada sobre la base de los pelos radicales.

Por su parte Hadas y Okon (1987), en estudios sobre la morfología de las raíces de maíz, trigo y sorgo, así como de dicotiledóneas como el tomate, demostraron un efecto muy marcado de la inoculación con *Azospirillum spp*. En todos los casos, las plantas inoculadas mostraron claramente un mayor crecimiento y amplio desarrollo radical lo cual fue atribuido a las hormonas suministradas por la bacteria.

Existen evidencias sobre la participación de *Azospirillum* en la regulación hormonal de la planta; sin embargo, para poder afirmar que los efectos hormonales son el mecanismo principal por medio del cual esta bacteria promueve el crecimiento vegetal, se deben hacer estudios adicionales ya que otros factores no considerados pueden estar involucrados (Bothe et al, 1992).

Muchas cepas de *Azospirillum spp* producen hormonas en medio líquido. La principal hormona producida es el ácido indol-3-acético (IAA) (Fallik et al, 1989). Otras hormonas detectadas fueron: ácido indol-3-butírico (IBA), indol-3-etanol, indol 3-metanol; algunas giberelinas, ácido abscísico (ABA) y citoquininas. La producción de hormonas es el principal mecanismo por el cual *Azospirillum spp* promueve el crecimiento de las plantas (Ignatov, 1995) citado por Bashan et al (1996).

Las poblaciones de este microorganismo han sido medidas entre 1-10% de la población total de rizobacterias. En plantas de crecimiento en suelo, las poblaciones de esta bacteria son relativamente pequeñas; la mayor población fue encontrada en cereales de verano en Brasil (10^6 - 10^8 ufc/g). Usualmente las poblaciones de

Azospirillum spp son muy pequeñas; en trigo se han encontrado poblaciones de 10^3 - 10^6 ufc/g (Urquiaga y Dobereiner, 1989).

El efecto de la inoculación de *Azospirillum spp* sobre el rendimiento total, aumenta generalmente con el crecimiento de las plantas y está en un rango de 10-30%. Incrementos en el rendimiento debido a la inoculación, fueron reportados en un 75% usando variedades de trigo de verano y solo en un 50% usando trigo de primavera. Dos variables básicas que contribuyen a la respuesta del rendimiento a la inoculación son los cultivares, los cuales muestran respuesta diferente a la inoculación, así como el nivel de fertilización nitrogenada (Bashan, 1998); por lo tanto, la inoculación de *Azospirillum spp* fue considerada un sustituto parcial de la fertilización nitrogenada.

Aún cuando *Azospirillum* no logró reducir el índice de enfermedad provocado por algunos hongos patógenos, existen algunos trabajos que hacen pensar en el potencial de esta bacteria como agente de control biológico. Por ejemplo, la inoculación de algunas dicotiledóneas con *A. brasiliense* inhibió el desarrollo de cáncer provocado por *Agrobacterium tumefaciens* (Bakanchikova et al, 1993); así mismo, el nivel poblacional de *Staphylococcus spp*, decayó drásticamente al crecer en cultivo mixto con *A. brasiliense Cd* (Holguín y Bashan, 1996) citado por Bashan et al (1996).

Se ha obtenido que a escala mundial la biofertilización con *Azospirillum spp* en las gramíneas como trigo, arroz, cebada y pastos, se producen incrementos en los rendimientos de hasta un 25%, lo que permite la disminución de la dosis de fertilizante mineral (Bashan y Levanony, 1990).

Uso de Azospirillum en Cuba

En Cuba se comenzaron los estudios de *Azospirillum spp* desde 1985, en gramíneas como caña de azúcar y arroz. En el cultivo del arroz se ha logrado con la práctica de la biofertilización con este microorganismo en condiciones de campo, una reducción de hasta un 50% de la dosis de fertilizante mineral (Eolia Treto, 1993).

Medina (1994), trabajando en tomate señala que *Azospirillum spp*, suplementado con pequeñas cantidades de fertilizante nitrogenado, permite alcanzar rendimientos tan elevados como los alcanzados con dosis completas establecidas en las normas técnicas, lo que demuestra la efectividad de dicho microorganismo como biofertilizante en este cultivo.

Azospirillum afecta potencialmente una gran diversidad de plantas, por ello se ha considerado que no existe especificidad en la asociación Azospirillum - planta. Sin embargo, esto no significa que no pueda existir mayor afinidad entre una especie bacteriana y su respectiva planta hospedante que con otra a la que nunca ha estado asociada.

Género Azotobacter spp.

Azotobacter chroococcum es una bacteria ampliamente difundida en los más diversos suelos. Fue descubierta y aislada en el año 1901 por Beijerinck; más tarde, se aislaron también otras especies de este género pero la especie *A. chroococcum* es entre todas la más difundida en la naturaleza y la más activa en relación con la capacidad de asimilación de nitrógeno atmosférico (Pequeño Pérez, 1966, citado por Jacho, 1995).

En general, se ha encontrado que *A. chroococcum* existe en diferentes regiones del planeta: tropicales, subtropicales y templadas, aunque en la última, la frecuencia de aparición es menor (Dobereiner, 1968, citado por Bethlenfalva y Lindermann 1992).

Las primeras investigaciones sistemáticas con bacterias asociadas a gramíneas se iniciaron en Rusia en los años treinta, realizándose 1095 experimentos inoculando *Azotobacter* en cereales y vegetales. De ellos 890 tuvieron resultados positivos, pero sólo el 47% incrementó el rendimiento en más del 10% (Wani 1990).

El género *Azotobacter spp* presenta una doble función, ya que es capaz de fijar el dinitrógeno atmosférico como microorganismo de vida libre y, además, producir sustancias estimuladoras del crecimiento, entre ellas auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos y vitaminas. La capacidad de fijación varía considerablemente en dependencia de ciertos factores, como la fuente de carbono y nitrógeno que empleen, así como de algunos microelementos; otros factores físicos pueden tener influencia sobre ellas, como son: pH, aireación y temperatura del suelo (Lewis, 1997). Este mismo autor plantea, que la propagación de las bacterias de este género está estrechamente relacionada con la presencia en el medio, de suficientes cantidades de fósforo y potasio, y es mayor el efecto en el caso del fósforo, cuya escasez o ausencia puede hasta inhibir el desarrollo de los cultivos. Este elemento estimula el metabolismo del carbono, la multiplicación y la fijación del dinitrógeno.

Muchos microorganismos son capaces de producir sustancias bióticas que estimulan el desarrollo de las bacterias fijadoras de nitrógeno; así, se ha encontrado que algunas

algas crecen en asociación con bacterias del género *Azotobacter spp*, contribuyendo a que éstas fijen más dinitrógeno (Ortega, 1998).

Das (1991) indicó que en la India la inoculación con *Azotobacter* se utilizó en 40 millones de hectáreas de tierras dedicadas al cultivo del arroz y en 16 millones de hectáreas cultivadas con sorgo, en las que se logró incrementar la producción en 15% y entre 64% respectivamente. Otras gramíneas tuvieron también un comportamiento positivo como el trigo (6% de incremento), el maíz (8%) y el millo perla (3 - 30%).

En este sentido, se han realizado trabajos en algunos países como Brasil, India y la Comunidad de Estados Independientes (CEI). En la India se han obtenido incrementos en los rendimientos de trigo, arroz, cebolla, tomate y col, al igual que en la CEI se obtuvieron buenos resultados en las hortalizas. Sin embargo, en Brasil las respuestas han sido variadas, ya que en algunos casos se han logrado mejoras en los niveles de nitrógeno del suelo; mientras que en otros no han existido respuestas debido quizás a la fertilización nitrogenada empleada (Martínez, 1986 citado por Jacho 1995).

El uso de Azotobacter en Cuba

En Cuba, el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT) ha realizado diferentes estudios principalmente en la dirección de la producción de sustancias estimuladoras del crecimiento empleando nuevos medios de cultivo, con resultados satisfactorios en tomate, cebolla, ajo, ají, pepino y remolacha. En el caso específico del tomate, se han logrado incrementos en la germinación entre 31 y 46%, en el diámetro de los frutos entre 3 y 13%, en los rendimientos entre 36 y 62% y en el peso entre 3 y 27% (Martínez, Dibut, González y Martín, 1992).

Según Marta Hernández, Pereira y Tong (1994), en la mayoría de los suelos de Cuba estas bacterias se encuentran en poblaciones que ascienden sólo de mil a 10 mil por gramo de suelo; en este número, la acción beneficiosa de las bacterias no se manifiesta, por lo que es necesario aumentar artificialmente las poblaciones de dichos suelos, buscando alcanzar poblaciones hasta de 100 millones por gramo de suelo.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas en Cuba, con la aplicación de técnicas isotópicas usando N₁₅, estas bacterias tienen una mayor actividad biológica que cepas aisladas en suelos de climas templados. Por otra parte, las cepas cubanas producen mayor cantidad y variedad de sustancias biológicamente activas que las encontradas para cepas de suelos templados; así producen 6

citoquininas (hormonas vegetales) con relación a solo 4 que se señalan en la literatura; producen además una gama de 14 aminoácidos, mientras que en otros países se informan solo 8; también producen otras hormonas vegetales de los tipos auxinas, giberelinas, así como vitaminas y otras sustancias activas que aún no se han identificado (Martínez, 1994).

El conjunto de estas sustancias permite que cada una de ellas actúen en el momento que la planta lo requiere y así algunos estimulan el desarrollo de las raíces, otras el de la planta total, otros producen más flores o reducen el aborto floral, otras permiten que el fruto se forme antes y madure en menor tiempo. Todos estos efectos permiten un desarrollo más precoz de plantas más vigorosas y el incremento de los rendimientos.

Trabajos realizados por Pulido y Peralta (1996) con el uso de biofertilizantes para la producción de posturas de tomate, comprobaron la factibilidad del uso de los mismos en esta etapa de desarrollo del cultivo, obteniéndose que con la adición de *Azotobacter spp* se puede disminuir en un 33,7% el fertilizante nitrogenado y las combinaciones de estos productos con los portadores químicos, acortó el período de semillero entre 7 y 10 días.

Dibut, Seoane, Villasana Y Martínez (1996) plantean que la altura de las plantas es uno de los parámetros fenológicos donde más se detecta el efecto de las bacterias, lográndose una superioridad en el tamaño de las plantas bacterizadas en relación con las plantas controles.

Estudios preliminares han mostrado la acción beneficiosa de estos microorganismos en los pastos desarrollados en Cuba, por lo que es necesario continuar las investigaciones para profundizar en el conocimiento de este género.

Género Rhizobium

Mucho se ha investigado sobre la simbiosis “leguminosa – rizobio” que es sin lugar a dudas una de las asociaciones más eficientes que se establece entre el reino vegetal y los microorganismos.

A finales del siglo XVI Dalechamps representó gráficamente abundantes nódulos en raíces de *Ornithopodium tuberosum*; posteriormente a Malpighi en 176, le llamó la atención estas formaciones radiculares, pero no pudo dar una explicación a este fenómeno, así Ward en 1887 demostró que los nódulos eran causados por un agente externo, cuando descubrió la infección de los pelos radicales y el desarrollo de un

filamento infeccioso en la corteza de la raíz, donde se iniciaba el nódulo (Lindstrom et al, 1995).

Hellriegel y Wilfarlt en 1888 enunciaron que las leguminosas eran capaces de fijar nitrógeno atmosférico cuando los microorganismos que se encontraban presentes en los extractos de suelos inducían la formación de nódulos en las raíces. En ese mismo año Beijerink (1888), aisló por primera vez la bacteria causante de la nodulación, a la que nombró *Bacillus radicicola*, nombre que fue cambiado por Frank en 1889 por el de *Rhizobium leguminosarum*, el cual se mantiene actualmente (De Laudie et al 1994).

La taxonomía del *Rhizobium* ha estado basada en la nodulación de un rango de hospedero. Fred, Balwin y Mc Cay en el año 1932 editaron un libro acerca del mismo, ellos realizaron una revisión para obtener los conocimientos existentes hasta ese momento, donde reconocen 6 especies: *R. leguminosarum* causante de la nodulación en las especies vegetales (*Lathyrus*, *Pisum*, *Vicia*, *Lens* y *Cicer*), *R. Trifolii* (*Trifolium*), *R. phaseoli* en (*Phaseolus vulgaris*), *R. meliloti* en (*Medicago*, *Melilotus*, *Trigonella*), *R. lupini* (*Lupinus*, *Ornithopus*) y *R. japonicum* (*Glycine max*). En esta caracterización lo más importante era el rango de hospedero de la leguminosa, aunque también se describían diferencias morfológicas y fisiológicas.

Jordan (1982) después de 50 años, introdujo cambios en la nomenclatura de los rizobios con la propuesta de un nuevo género *Bradyrhizobium*, consistiendo en cepas de crecimiento lento.

Dos especies de *Bradyrhizobium* se conocían por nodular plantas de soya, *B. japonicum* (Jordan, 1982) y *B. Elkanii* (Kuykendall et al, 1992). Posteriormente en el año 1995 Xu et al, describieron cepas de *A. chroococcum* de crecimiento extremadamente lento *B. Liaoningeensis*

La simbiosis nodular es altamente específica, o sea, la bacteria simbionte forma nódulos solamente en un número restringido de hospederos, de forma tal que cada hospedero es sólo nodulado por un número determinado de microsimbiontes. El hospedero secreta sustancias que actúan como quimioatractantes de *Rhizobium* y *Bradrhizobium* induciendo la actividad de quimiotaxis hacia regiones definidas de las raíces (Kape et al, 1991).

Los nódulos de las leguminosas se forman como consecuencias de un intercambio de señales entre el *Rhizobium* y sus plantas hospederas. Los flavonoides que son

segregados por las plantas hospederas activan la expresión de los genes nodulantes en el *Rhizobium* con la resultante de la producción de compuestos señales que son conocidas como factor nodulación (Truhet et al, 1991, citados por Suganuma et al, 1995).

Rhizobium posee una ventaja con respecto a otros microorganismos como es su capacidad de penetrar dentro de las raíces de la planta hospedera, encontrándose así más protegida de las condiciones adversas del ambiente. Sin embargo, como organismo de vida libre, está sujeto a prevalecer en esas condiciones y forzado a competir con otros grupos por las fuentes limitadas de nutrientes.

Las poblaciones de estas bacterias en el suelo muestran una efectividad heterogénea para competir por el sitio de infección, así como para reducir el nitrógeno en esa simbiosis con un hospedero particular. Aunque son organismos específicos de la rizosfera, la cantidad de bacterias es pobre en el suelo cuando las leguminosas no están siempre presentes.

Noel et al (1996) citados por Yolanda Hernández et al (1999) indicaron que la inoculación de plantas no leguminosas con algunas cepas de *Rhizobium leguminosarum* provocó que incrementara la germinación de las semillas y el crecimiento radical, lo que atribuyeron a la producción bacteriana de ácido indol acético y citoquininas.

Asociación Azolla-Anabaena

Esta relación es explotada desde el siglo XI por los monjes budistas en los campos de arroz de países asiáticos, e incluso se han detectado restos fósiles de especies de *Azolla* que vivieron 65 millones de años atrás (Yolanda Hernández et al, 1999). Esta asociación es muy importante en el trópico, donde *Anabaena azollae*, se vincula al helecho *Azolla* y dentro de las cavidades del mismo, recibe carbono y otros compuestos, así como dona a la planta hospedera, el nitrógeno fijado, constituyendo uno de los sistemas simbióticos más importantes después de *Rizobium*.

Existen aproximadamente 100 especies de cianobacterias fijadoras de nitrógeno que en aguas saladas o dulces establecen simbiosis con una gran variedad de hospederos. Se estima que el 70% de ellas pueda fijar nitrógeno, en un proceso que requiere elevada iluminación y humedad del suelo.

Balloni y Materasi (1988) en trabajos realizados con la asociación *Azolla - Anabaena*, encontraron un elevado contenido de aminoácidos incluyendo los esenciales; así mismo, Favilli et al, (1988) obtuvieron resultados alentadores en los cultivos de girasol y maíz. En trabajos realizados por Watanabe y Liu (1992) lograron tasas de fijación de nitrógeno de 20 - 100 kg.ha⁻¹.año; la utilización de *Azolla* como abono verde en el arroz permitió incrementos en la cosecha de 25 a 42%.

Estos resultados dan la posibilidad de utilización de esta cianobacteria como una alternativa de fertilización para disminuir los costos de producción por concepto de insumos fertilizantes. Sin embargo, no siempre se logran los resultados esperados con la asociación *Azolla - Anabaena*, debido a que no hay suficiente producción de inóculo a través de todo el año, fundamentalmente en el período seco, así como que sufren continuas contaminaciones con hongos y ataques de insectos lo que limita su producción. Además es necesario profundizar en el conocimiento sobre el cultivo y explotación de este sistema a fin de lograr respuestas estables.

Género Pseudomonas

Otra bacteria promisoria dentro de las RCV es *Pseudomonas* la cual es común en la rizosfera, presenta un amplio espectro nutricional y no requiere de factores de crecimiento para su desarrollo (Vázquez, 1991). Se divide en dos grandes grupos determinados por la producción de pigmentos, encontrándose de esta forma especies fluorescentes que pueden resultar beneficiosas o patógenas a plantas o animales (Palleroni, 1984).

Estas bacterias tienen dos características importantes como son: su habilidad para colonizar rápidamente la rizosfera así como su capacidad competitiva frente a flora nativa; dos especies han sido ampliamente utilizadas con estos fines: *B. cepacea* (produce pigmentos no fluorescentes) y *P. fluorescens* (produce pigmentos fluorescentes). Consecuentemente, influye sobre las plantas mediante la producción de fitohormonas, pero además excretan sideróforos, pigmentos fluorescentes de elevada afinidad por el Fe++, haciéndolo deficitario para fitopatógenos que no tengan receptores proteínicos específicos para adquirir el hierro enlazado (Yolanda Hernández et al, 1999).

Weger et al (1995) indicaron que *Pseudomonas* posee otros mecanismos como la síntesis de antibióticos y la producción de enzimas que degradan la pared celular de fitopatógenos.

La utilización de antagonistas microbianos para el control de fitopatógenos se ha catalogado como un importante complemento en el manejo integrado de las enfermedades de las plantas. Las bacterias que pertenecen al grupo de las *Pseudomonas* fluorescentes tales como *P. fluorescens* y *P. putida* han sido las más estudiadas, debido a su capacidad de colonizar un amplio rango de cultivos y ser antagonistas de varios patógenos que se encuentran asociados a las raíces de las plantas.

Se han utilizado cepas de *Pseudomona fluorescens* para la supresión de *Fusarium*, *R. solani* y *S. Rolfsii* en maní (*Arachis spp.*), también se han utilizado para el biocontrol de varios patógenos en cultivos de soya y guisante amarillo (Dileep y Dube 1992).

La factibilidad de *Pseudomona* como biocontrol depende entre otros factores del grado de colonización de la raíz; a su vez, en la colonización influyen la temperatura, presión osmótica, humedad, especie de planta, adsorción y tipo de suelo, lo cual influye en la sobrevivencia y la actividad metabólica de la célula (Tan et al, 1991)

Hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA)

El estudio de las micorrizas vesículo arbusculares ha demostrado que el efecto de la infección de las raíces de las plantas trae resultados satisfactorios en el crecimiento y nutrición de las mismas. Mosse (1973) afirma que un gran número de plantas forman asociaciones simbióticas con un grupo de hongos en el suelo, lo que penetran en las raíces y forman arbúsculos y vesículas en la corteza, a los cuales denominó micorrizas vesículo arbusculares.

Tradicionalmente, (Allen, 1992) los hongos micorrizógenos se han agrupado sobre la base de la anatomía de las raíces que colonizan en:

- Ectomicorrizas: se caracterizan por la penetración intercelular del micelio fúngico en la corteza radical.
- Ectendomicorrizas: son generalmente ectomicorrizas con penetración intracelular.
- Endomicorrizas: se caracterizan por la penetración inter e intracelular pero sin formación de manto ni modificaciones morfológicas evidentes en la raíces. Cumplen con estas condiciones los tipos de micorrizas vesículo arbusculares que son los de más amplia distribución de todos los microorganismos biofertilizantes, tanto geográfica como florísticamente.

Las micorrizas vesículo arbusculares (MVA), constituyen la simbiosis micorrízica más extendida sobre el planeta, tanto por el número de posibles hospederos, como por su distribución geográfica. Es el hongo que más predomina en las raíces y suelos de cultivos agrícolas; recientemente han sido reclasificadas por Morton y Benny (1990) como micorrizas arbusculares (MA) del orden *Glomales*. Ellas son un grupo importante de microorganismos del suelo que contribuyen sustancialmente a la productividad y longevidad del ecosistema (Gabor, 1992).

También se dan a conocer otros beneficios a las plantas incluyendo la producción de sustancias estimuladoras del crecimiento y alteración de otros constituyentes químicos en las plantas, aumento de la tasa de fotosíntesis, ajuste osmótico bajo estrés de humedad, incremento de la fijación de dinitrógeno por bacterias nitrófijadoras simbióticas o asociativas, incremento de la resistencia a plagas y tolerancia al estrés ambiental (Asa, 1992).

Smith y Bowen (1988) afirman que las hifas de las MVA se encuentran más extendidas en el suelo, lo que posibilita que las raíces de las plantas sean de mayor longitud, favoreciendo así la absorción de nutrientes inmóviles. Vasudevan (1993) agrega que al extenderse el micelio terminal, las hifas exploran el suelo, facilitando la absorción del ion fosfato y lo transportan a las raíces para ser usados por las plantas.

Barea (1988) expone el papel de las MVA como generadoras de propiedades positivas para las plantas como: estimulación del crecimiento vegetal, absorción de nutrientes como P, N, Zn, Cu, y S, resistencia a la sequía, así como incremento de la tasa de respiración y fotosíntesis.

Los hongos MVA juegan un papel crucial en facilitar las funciones de la planta y los microorganismos por actuar como mediador del intercambio de nutrientes entre ellos, así existe una cadena cerrada en la relación causa - efecto en el rol de los hongos MVA.

La extensión micorrízica depende no sólo de la susceptibilidad de las especies de plantas a la infección y de la infectividad de las especies de hongos, sino también de las condiciones ambientales del suelo como la temperatura, humedad, niveles de nutrientes, competencias microbianas, nivel de materia orgánica y pH (Zhang et al, 1995).

El desarrollo de una micorriza vesículo arbuscular típica se produce de la siguiente manera: una hifa que recorre el suelo, procedente de una espora o de otro propágulo, se pone en contacto con una raicilla y forma una estructura conocida como "apresorio" sobre las células epidérmicas de la región posterior a la meristemática que raras veces o nunca se infecta. Este apresorio constituye una estructura del hongo, con paredes engrosadas y crecimiento irregular; a partir de este cuerpo, se produce una hifa que penetra la epidermis de la raíz, colonizando paulatinamente la zona cortical y pasando a las capas más interna de la corteza sin llegar a atravesar la endodermis ni penetrar en la estela o meristemo radical (Fernández, 1996).

Otras estructuras, que dan nombre a esta simbiosis, se forman posteriormente a la formación de los arbúsculos, ellas son las "vesículas", formadas por el hinchamiento de una hifa, generalmente terminal y son básicamente órganos de almacenamiento del hongo. No todas las especies de hongos micorrizógenos VA forman vesículas, por lo que se denominan simplemente micorrizas arbusculares. Por otra parte, algunas vesículas de algunas especies, fundamentalmente del género *Glomus* pueden llegar a engrosar sus paredes y convertirse en esporas; tanto estas como las vesículas que escapan de la raíz por desprendimientos de las capas más externas de la epidermis, pueden constituir propágulos infectivos (Sieverding, 1991).

Para el normal desarrollo del establecimiento del proceso de la simbiosis, existen factores que influyen en la aceptación de la misma. Siqueira (1986) considera tres factores componentes del sistema: hongo - planta- ambiente; también es necesario tener en cuenta los factores agroquímicos tales como: fertilización, insecticidas, fungicidas y herbicidas.

Guerrero (1996), refiriéndose a las MVA, agrega que el proceso de infección se ve afectado por el nivel de nutrientes del suelo, donde en los de moderada o baja fertilidad la infección se ve favorecida, en tanto que para suelos de alta fertilidad y ricos en fósforo y nitrógeno, el establecimiento del hongo es retrasado. Este autor justifica que la colonización, en suelos con bajos contenidos de fósforo está correlacionada con aumentos de exudados en la rizosfera, lo que estimula la germinación y crecimiento del simbionte. Suelos que presentan alta fertilidad pueden perfectamente ser manejables a la micorrización. Existen MVA que presentan tolerancia a la fertilización fosfórica; por lo tanto, es necesario el aislamiento de estos tipos de micorrizas para suelos que presentan esas características (Silvia y Schenk, 1983).

La utilización de las micorrizas como biofertilizantes (Walfer, Safir y Stephenson 1990) no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino que la fertilización se haga más eficiente y puede disminuirse la dosis a aplicar desde comúnmente 50-80% y en ocasiones hasta 100%. Se plantea que de las cantidades de fertilizantes aplicadas, sólo se aprovecha un 20%, mientras que normalmente el resto se fija o se lava sin remedio, mientras que con la utilización de las micorrizas, puede ser recuperado por las plantas un porcentaje mucho mayor.

Mientras que un pelo radical puede poner a disposición de una raicilla los nutrientes y el agua que se encuentran hasta 2 mm de la epidermis, las hifas del micelio extramátrico de la micorrizas VA pueden hacerlo hasta 80 mm, lo que representa para la misma raicilla, la posibilidad de explorar un volumen de suelo hasta 40 veces mayor (Herrick, 1991).

La temperatura es considerada por Siqueira (1986) como un factor que afecta el funcionamiento de la simbiosis; el autor refiere que esta fue estudiada por Smith y Bowen (1979), quienes afirman que las micorrizas vesículo arbusculares pueden adaptarse a diferentes temperaturas en el suelo, agregando que existe un amplio rango de temperaturas para las MVA, puesto que lograron germinaciones de *Gigaspora* a temperaturas de 34°C; y temperaturas de 20°C para especies de *Glomus*.

La humedad y el pH son planteados como parte del ambiente que afecta la simbiosis de las micorrizas arbusculares; estas son favorecidas cuando el suelo se encuentra por encima de la capacidad de campo (Marina Sánchez, 1991); las condiciones de humedad que prevalecen en el período lluvioso favorece la infección de las micorrizas vesículo arbusculares aunque también, ellas presentan gran tolerancia a la sequía. En cuanto al pH, éste es un factor determinante en la germinación y desarrollo de las MVA de diferentes especies.

Según Linderman (1992) un análisis de la rizosfera del suelo con MVA (*Glomus fasciculatum*) y plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) no micorrizadas, demostró que las mayores poblaciones de bacterias y actinomicetos ocurrió en la micorrizosfera, comparado con el control no inoculado.

Thompson (1991) citado por Nancy Collins y Pfleger (1992), establecen que las micorrizas deben ser consideradas en el diseño de sistemas agrícolas sostenibles. Sin embargo, estas no deben ser consideradas solamente como sustitutos biológicos de fertilizantes en suelos infériles; ellas también deben ser reconocidas como

componentes inseparables de agroecosistemas donde pueden tener efecto tanto positivo como negativo en el funcionamiento de las plantas.

Acción combinada de los microorganismos

Según Dorothy Hallsal (1986) citada por María R. Soroa (2000), la interacción entre los componentes de una comunidad microbiana puede manifestarse de diferentes modos, pero lo que hace algunos años se están haciendo intentos aislados para el carácter sinérgico de algunas asociaciones de microorganismos del suelo.

Algunas especies de bacterias como *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Clostridium*, **Burkholderias**, y *Azospirillum*; han sido estudiadas en su interacción con micorrizas vesículo arbusculares (MVA). *Azospirillum spp* en combinación con hongos MVA, producen un incremento significativo del crecimiento de algunos cultivos, pero el mecanismo responsable es controvertido, pues los incrementos algunas veces ocurren sin la evidencia de incrementos en la fijación de nitrógeno o aumentos del contenido de nitrógeno en las plantas (Bethlenfalva y Linderman, 1992).

Uno de los beneficios que se le atribuye a las MVA es el de aumentar la actividad de otros microorganismos como *Azospirillum*, *Azotobacter* y las bacterias solubilizadoras de fósforo (Sánchez de Prager, 1991). Tilak, Singh y Subba-RAO (1982) citado por Djassi (1994), llevaron a cabo experimentos en macetas en los cultivos de maíz y sorgo, inoculando las semillas con una mezcla de *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum brasiliense*, incrementándose la producción de masa seca para ambos cultivos, mientras la inoculación con cada bacteria por separado no afectó significativamente los rendimientos.

Trabajos realizados por Barea y Bonis (1985), mostraron que las plantas micorrizadas e inoculadas con *Azospirillum spp* estimularon su desarrollo, siendo la inoculación efectiva en la mejora del crecimiento de la planta de ryegrass, así como permitió un crecimiento y toma de nutrientes similar que la lograda con la fertilización mineral. La coinoculación del maíz con *Azospirillum spp* y *Glomus spp*, produjo plantas de tamaño y de contenido de nitrógeno similar así como un alto contenido de fósforo.

Experimentos realizados por Yahalom, Kapulnik y Okon (1984) con inoculación dual de *Azospirillum brasiliense* y *Azotobacter chroococcum*, causaron incrementos sobre los controles no inoculados en las raíces, follaje y masa seca de la panícula y el contenido de nitrógeno total de la *Setaria italica*. De esta misma forma, Pacovsky

(1985) citado por Linderman (1992), en experimentos con plantas de sorgo inoculadas con micorrizas (MVA) y una cepa de *Azospirillum brasiliense* o ambos endófitos juntos, en una misma solución nutritiva carente de nitrógeno y fósforo, observó incrementos en la masa seca de la planta y el contenido de nitrógeno de plantas infectadas dualmente. La presencia de *Azospirillum brasiliense* en la rizosfera, incrementó la colonización de MVA y la biomasa, mientras la entrada de nitrógeno debido a *Azospirillum spp* disminuyó, debido posiblemente a la competencia por los carbohidratos.

Por su parte Subba-Rao y Tilak (1985) citados por Asa (1992), encontraron que la toma de fósforo de millo perla en un suelo estéril y deficiente de fósforo, fue mejorada por la inoculación de la semilla con *Azospirillum brasiliense* o la inoculación del suelo con micorriza vesículo arbuscular (*Acaulospora spp*, *Gigaspora margarita*, *Glomus fasciculatum*). Estos microorganismos funcionaron sinergísticamente cuando se añadieron simultáneamente: *Azospirillum brasiliense* + *Gigaspora margarita* y *Azospirillum brasiliense* + *Glomus fasciculatum*, incrementándose significativamente el contenido de materia seca de los vástagos, la biomasa de las raíces y la toma de fósforo, en comparación con los controles no inoculados.

La inoculación con *Glomus fasciculatum* con una bacteria solubilizadora de fósforo, permitió una utilización mayor del fósforo de la roca fosfórica en alfalfa (*Medicago sativa*) que cuando estos microorganismos se inocularon independientemente (Piccini y Azcon, 1987); así mismo, en *Centrosema pubescens*, informaron que el crecimiento y nutrición de esta leguminosa fue mejorada considerablemente por la inoculación con *Glomus fasciculatum*, conjuntamente con hongos o bacterias solubilizadoras de la roca fosfórica.

Azospirillum brasiliense ha sido reportada como estimuladora de la colonización de las raíces por MVA así como del crecimiento de las plantas de maíz (*Zea mays L*), según Barea y Bonis (1985). Estudios realizados por Pacovsky y Fuller (1988) con sorgo (*Sorghum bicolor (L) Moench*), sobre el crecimiento de las plantas con baja disponibilidad de nitrógeno y fósforo e inoculaciones con *Glomus fasciculatum*, *Azospirillum brasiliense* o ambas, resultó en una mejoría en el crecimiento con cada organismo por separado comparado con los controles no inoculados; pero el crecimiento fue aún mayor con la combinación de los dos simbiontes. La adición de *Azospirillum brasiliense* a la MVA resultó en una colonización superior de MVA.

Así, al inocular el sorgo con *Azospirillum brasiliense* y *Glomus fasciculatum*, Wani (1990) encontró un incremento significativo en el rendimiento del grano y forraje en

comparación con el tratamiento sin inocular, ya que se obtuvieron 2,6 vs 1,9t de grano/ha y 5,6 vs 4,2t de masa seca/ha respectivamente.

Efectos sinérgicos de la coinoculación de *Azospirillum spp* y hongos micorrizógenos VA resultaron en un incremento significativo en el crecimiento y contenido de fósforo en las plantas; esta inoculación mixta permitió sustituir completamente la aplicación de fertilizante nitrogenado y fosfórico así como mejora la infección de las plantas por la micorriza (Bashan 1998).

Según Asa (1992), muchos estudios en la literatura reportan las relaciones entre los hongos MVA y algunas rizobacterias específicas; la relación espacial entre las hifas de las MVA en el suelo y estas bacterias no ha sido bien establecida aunque es conocido que los agregados del suelo formados alrededor de la hifa de las MVA presentan una elevada actividad microbiana; esto sugiere que algunos de los beneficios sobre el crecimiento de las plantas atribuidos a los hongos MVA realmente pertenecen a la combinación con las bacterias asociativas.

En Cuba Pijeira et al (1996), concluyeron que la aplicación del BIOFERTBOL (inoculante micorrizógeno) combinado con los inoculantes nitrofijadores N₂ y AZOFERT (*Bradyrhizobium japonicum*) mejora la nodulación de las plantas y estimula el crecimiento vegetativo aumentando la eficiencia del *Bradyrhizobium japonicum*.

Corbera (1998), encontró un efecto positivo al incrementar dualmente el AZOFERT con el ECOMIC a semillas de soya. Elein Terry (1998), obtuvo resultados similares al coinocular *Azospirillum brasiliense* - *Glomus manihotis*, permitiendo una disminución del 30% del consumo de fertilizante nitrogenado en el cultivo del tomate.

Consideraciones generales

Los incrementos producidos por microorganismos utilizados como biofertilizantes han sido abordados ampliamente y los incrementos (hasta un 40% en el rendimiento), se consideran comercialmente valiosos para la Agricultura.

En el ámbito mundial se habla de una “Biotecnología del Suelo”, por realizar, tanto convencional como de punta y se considera realizable la transformación de los sistemas de producción mediante la manipulación de los microorganismos del suelo y de sus procesos en el sistema suelo - planta, a través del empleo de prácticas

convencionales de manejo o de manipulación genética de los microorganismos y plantas involucradas, orientados para reducir efectos dañinos y maximizar beneficios.

La biofertilización debe ser considerada como una práctica de nutrición sostenible en combinación con los fertilizantes minerales, para obtener rendimientos adecuados con un alto valor biológico de las cosechas y sin causar alteraciones en el medio ecológico en que se empleen, de manera que garanticen una Agricultura de futuro ecológicamente balanceada y económicamente viable.

Aún hoy y por muchos años, queda abierto el camino para profundizar en los trabajos relacionados con inoculantes microbianos que tengan como finalidad fijar biológicamente el nitrógeno u otros elementos necesarios para las plantas o estimular su crecimiento, contribuyendo de esta forma a la mejor nutrición de los cultivos agrícolas.

Es así como se ha planteado, adoptar una estrategia de suministro de nutrientes a las plantas mediante una combinación de abonos orgánicos e inorgánicos y biofertilizantes, poniendo énfasis en estos últimos por su bajo costo. Además la productividad agrícola en estas últimas cuatro décadas ha ido acompañada del consumo de formas no renovables de energía, las cuales se han convertido en el principal factor limitante para la elevación futura de la productividad agrícola.

Microorganismos	Cultivos	% de incremento del rendimiento	Referencias
HFMVA	Soya	18	Venkataraman y Tilak, 1990 “
	Maní	10-20	Marlen Hdez y Cuevas, 1999
	Arroz	50	
Azolla	Arroz	25-42	
Azospirillum spp	Maíz, sorgo, millo, trigo, arroz, pastos. Sorgo forrajero	5 - 30 18-21	Okon y Labandera, 1994 Hernández et al, 1994 Elein Terry, 1998 Wani, 1988
	Tomate	20-30	
	Millo perla	0-37	
Azotobacter spp	Hortalizas, arroz, yuca, boniato, plátano, maíz y cítricos	30-50	Martínez Viera, 1994
	Trigo		Dibut et al, 1996
	Tomate	11	
	Caña de azúcar	25-30	Hapase et al 1984
	Ajo	24 13-55 11-60	Ravelo et al, 1996 Gómez y Muñoz, 1998

Bibliografía

- Allen, M.F. 1992. The ecology of mycorrhizas. Cambridge University Press. 184p.
- Altieri, M.A. 1997. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. CLADES. ACAO. 3ra Ed. La Habana. 249pp.
- ASA. 1992. Mycorrhiza in Sustainable Agriculture. *Special Publication*, No.54. Medison. Wisconsin. USA
- Bakanchikova, T.I; E.V, Lobanok; L.K, Pavlova Ivanova; J.V, Rednika; Z.A, Nagapetyan and A.N, Majsuryan. 1993. Inhibition of tumor formation process in dicotyledoneous plants by *Azospirillum brasiliense* strains. *Mikrobiologiya* (Russian Fedetarion). 62:515-523.
- Balloni, W and Materassi, R. 1988. La simbiosis Azolla- *Anabaena* como sistema di produzione di biomasse per utilizzazioni agricole e zootechniche. Monografía. No.10, 67 pp.

- Barea, J.M and Bonis, A.F. 1985. Interactions between *Azospirillum* and VA mycorrhiza and their effects on growth and nutrition of maize and rye grass. *Soil Biol.and Biochem.* 17(1):119-121.
- Barea, J.M. 1988. The roll of mycorrhiza in improving the establishment and function of the *Rhizobium* legume system under field conditions. *Nitrogen Fixation by legumes in Mediterranean agriculture.* ICARDA, Netherlands, 153-162pp.
- Bashan, Y and Mitiku, G. 1991. Estimation of minimal numbers of *Azospirillum brasiliense* using time. Liquid enrichment combined with enzyme-linked immunosorbent-assay. *Soil Biology and Biochemistry.* 23(2):138.
- Bashan, Y; Gina Holguin and Ronald Ferrera-Cerrato. 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. I. *Azospirillum.* *TERRA,* 14(2):159-191.
- Bashan, Y. 1998. Azospirillum; plant growth-promoting strains are nonpathogenic on tomato, pepper, cotton and weat. *Can. Journ. Of Microb.* 44(2):166-174.
- Berge, O; Fargea, J; Mulard, D and Balandreau, J. 1990. Effect of inoculation with *Bacillus circulans* and *Azospirillum lipoferum* on crop yield grown maize. *Symbiosis.* 9:259-266pp.
- Bethenfalvay, G.J and R.G. Linderman. 1992. Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. ASA Special Publication. No.54.
- Bothe, H; H. Koersgen; T. Lehmacher and B. Hundeshagen. 1992. Differential effects of Azospirillum, auxin and combined nitrogen on the growth of the roots of wheat. *Symbiosis.* 13:167-169.
- Burris, R. H and Roberts, G.P. 1993. Biological nitrogen fixation. *Ann. Rev. Nutr.* 13:317-335.
- Chiluvane, Ana, A. 1994. Influencia de diferentes biofertilizantes en el rendimiento del maíz y en el ahorro del nitrógeno. Tesis de Diploma. La Habana.
- Christiancen, W.C. 1991. Influence of *Azospirillum* spp on the nitrogen supply of a gramineous host. 101pp
- Cobas, D. 1990. Folleto de Fisiopatología Vegetal. Curso de postrado. INIFAT. La Habana.
- Collins, Nancy and Pfleger, J. 1992. Vesicular arbuscular mycorrhizae and cultural stress. ASA Special Publication, No.54.
- Corbera, J. 1998. Evaluación agronómica de la coinocuación de *Bradyrhizobium japonicum* y micorrizas arbusculares en el cultivo de la soya (*Glicine max L. Merrill*). Tesis de maestría. La Habana.

- Das, H.K. 1991. Biological nitrogen fixation in the context of Indian agriculture. Current Sciences (9-10):551pp.
- De Lajudie /et al/ 1994. Poliphasic taxonomy of rhizobia: emendation of the genus *Sinorhizobium* and description of *Sinorhizobium meliloti* comb. nov., *Sinorhizobium saheli* spp. nov., *Sinorhizobium teranga* spp. Nov. Int. J. Syst. Bacteriol. 44: 715- 733.
- Dibut, B; Seoane, R; Villasana, R y Martínez, R. 1996. Respuesta del trigo (*Triticum durum* D) cultivado sobre suelo Ferralítico Rojo a la biofertilización con Azotoryza en condiciones experimentales y de producción. *Cultivos Tropicales*, 17(2):9-13.
- Dileep, B.S and H.C. Dubet. 1992. Seed bacterization with a fluorescent *Pseudomonas* for enhanced plant growth, yield and disease control. *Soil. Biol. Biochem.* 24(6):539-542.
- Djassi, M. 1994. Efectividad de algunos biofertilizantes y bioestimuladores en el cultivo del tomate. Trabajo de Diploma. ISCAH. La Habana.
- Dybas, M.J; Tarara, G.M y Criddle, C.S. 1995. Localization of the carbon tetrachloride transformation activity of *Pseudomonas* sp starin. *Appl. Environ. Microbiol.* 61(2):758-762.
- Fages, J. 1994. *Azospirillum* inoculant and field experiments. In *Azospirillum / plant associations* (Ed). Y. Okon. CRC. Press, Boca Ratón. Florida.87-110pp.
- FAO. 1993. Desarrollo Agropecuario. De la dependencia al protagonismo del agricultor / FAO 3ra Ed. 140pp
- Favilli, F; Tawntoli, S and Ballon, W. 1988. La biomassa di Azolla come fertilizzante per frumento, girasole e mais. *Ann. Microbiol.* 38:109pp.
- Fernández, F. 1996. Uso, manejo y comercialización de los hongos micorrizógenos V A. Curso de postgrado. INCA. La Habana.
- Gabor, J.B. 1992. Mycorrhizae and crop productivity. ASA Special Publication. No.54.
- Gómez, R y Muñoz, A. 1998. La biofertilización del ajo (*Allium sativum L*) en suelo Ferralítico rojo compactado. *Cultivos Tropicales*, 19(2):9-13.
- Guerrero, A.G. 1996. Variantes ecológicas para favorecer la reducción del período de aviveramiento en café (*Coffea arabica L.* Var. Caturra). Tesis de Diploma. La Habana.
- Hadus, R and Okon, Y. 1987. Effect of *Azospirillum brasiliense* inoculation on root morphology and respiration in tomato seedlings. *Biology Fertility Soils*. 5:241-247.
- Hamdi, Y.A. 1985. La fijación del nitrógeno en la explotación de los suelos. Boletín de suelos de la FAO. No.49, 188pp.

- Hernández Marta; Madeline Pereira y Tong, M. 1994. Utilización de los microorganismos biofertilizantes en los cultivos tropicales. *Pastos y Forrajes*. 17:183.
- Hernández Marlen y Cuevas, F. 1999. Evaluación de diferentes cepas de micorriza arbuscular en el cultivo del arroz en condiciones de inundación. *Cultivos Tropicales*, 20(4):19-22
- Hernández, Y; Sistachs, E y Prieto, A. 1994. Respuesta del sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* vc sudanesa) a la inoculación con *Azospirillum spp.* *Revista cubana de Ciencias Agrícolas*, 28(2):245-250
- Hernández, Yolanda; Olga A, García y Marianela Ramori. 1999. Biofertilizantes, estado actual y estrategia de uso de sus factores microbiológicos. Revisión bibliográfica. ICA. La Habana.
- Hetrick, B.A.D. 1991. Mycorrhizas and root architecture. *Experientia*, 47:355-362.
- Jacho, T.J. 1995. Comportamiento de *Azospirillum lipoferum* como biofertilizante para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). Tesis de Diploma. ISCAH. La Habana.
- Jordan, D. C. y Allen, O. N. 1982. Genus *Rhizobium* Frank. In: Buchanan and Gibson (de.), Bergey's Manual of determinative bacteriology, 8th de. The Williams and Wilkins Co.; Baltimore, pp. 128-129.
- Kaiser, P. 1995. Diazotrophic mixed cultures of *Azospirillum brasiliense* and enterobacter cloacae. In: Azospirillum VI and related microorganisms, genetics physiology - ecology. Series G: *Ecological Sciences*. Germany. G37:207-212.
- Kape, R; M. Pamisce and D. Fabret. 1991. Chemotaxis and nod gene activity of *Bradyrhizobium japonicum* in response to hydroxycinamic acids and isoflavonoids. *Applied Environment Microbiology*. 53:316-319.
- Klopper, J.M and Beauchamp, C.J. 1992. A review of issues relates to measurin colonization of plant roots by bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*. 38:1229-1232pp.
- Kuykendall, et al. 1992. Genetic diversity in *Bradyrhizobium japonicum* and a proposal for *Bradyrhizobium elkanii* sp. nov, Can. J. Microbiol. 38, 501- 505.
- Lewis, L.A. 1997. Comportamiento del cultivo del ajo (*Allium sativum L*) ante los efectos de dosis, momentos y formas de aplicación de *Azotobacter chroococcum* como estimulador del crecimiento y desarrollo. Tesis de Maestría. ISCAH. La Habana.
- Linderman, R.G. 1992. Vesicular arbuscular Mycorrhizae and soil microbial interactions. ASA Special Publication, No.54.
- Martínez, V. R. 1994. El uso de biofertilizantes. Curso de Agricultura Orgánica. ICA, La Habana.

Lindström / et al/. 1995. Report from the round table on rhizobium taxonomy. Ed. Nitrogen Fixation: Fundamentals and Applications. Klumer, Dordrecht. p 807-810.

Martínez, V.R; Dibut, B; González, R; Martín, B. 1992. Resultados obtenidos en condiciones de producción mediante la aplicación de un método biotecnológico que permite incrementar los rendimientos de tomate sobre un suelo Ferralítico Rojo. INIFAT. MINAG. La Habana. Informe Final.

Martínez, V.R. 1994. Efecto económico de las aplicaciones de biofertilizantes a base de *Azotobacter* en la Agricultura cubana. En XVII Reunión Latinoamericana de Rizobiología. Resúmenes. La Habana, 39pp

Medina, B, N. 1994. La biofertilización como alternativa nutricional mineral del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). VII Reunión Latinoamericana de rizobiología. Programa y resúmenes. La Habana

Pallerony, N.J. 1984. Family 1. In. N.R. Kried (Ed). Bergey's manual of systematic bacteriology (1). The William and Wilkins. Co, Baltimore. *Pseudomonadaceae*, p.140-205.

Piccini, D and Azcon, R. 1987. Effect of phosphate solubilizing bacteria and vesicular arbuscular mycorrhizae fungi on the utilization of Bayovar rock phosphate by alfalfa plants using a sand vermiculite. *Plant and Soil*, 101:45.

Pijeira, L; M. Cuba; J. Corbera; M. Martínez y E. Soria Galvarro. 1996. El uso del BIOFERTBOL (inoculante micorrizógeno) en diferentes especies cultivadas de Bolivia. En: Memorias XIII Reunión Latinoamericana de rizobiología. Santa Cruz de la Sierra. Bolivia. 395-396pp.

Pozzon, G; Giorgetti, H; Martínez, R; Aschar, G. 1993. Biofertilización del trigo por inoculación con cepas nativas de *Azospirillum brasiliense*. Investigación agraria. Producción y Protección de vegetales. 8(1).

Pulido, L.D y Peralta, H.B. 1996. Uso de biofertilizantes en la producción de posturas de tomate. VIII Jornada Científica. INIFAT. Resúmenes. La Habana.

Sánchez Marina. 1991. La simbiosis micorriza vesículo arbuscular (MVA) en soya (*Glycine max L. Merrill*). *Acta Agronómica*, 2(1):53-67.

Schroth, M.N and Hancock, J.G. 1982. Selected topics in biological control. *Annual Rev. Microbiology*. 34: 453-476pp

Shende, S.T y Apte, R. 1982. Symposium biological nitrogen fixation. Conferencia, 532-541

Sieverding, E. 1991. Aspectos de la taxonomía y la identificación de hongos formadores de micorrizas vesículo arbusculares.

- Silvia, D.M and Schenck, N.C. 1983. Application of superphosphate to mycorrhizal plants sporulation of phosphorous tolerant vesicular mycorrhizal fungi. *New Phytol*, 95:655-661.
- Siqueira, J.O. 1986. Reuniao Brasileira sobre micorrizas. Depto de Ciencias de Solo. Escola Superior de Agriculture de Lamas.
- Smith, D.M and Bowen, G.D. 1988. Soil temperature, mycorrhizal infection and inoculation of *Medicago trunculata* and *Trifolium subterraneum*. *Soil. Biol. Biochem.* 11:469-473.
- Soroa, María, R, B. 2000. Producción alternativa de *Gerbera jamesonii* para una floricultura urbana. Tesis de maestría. La Habana.
- Suganuma, N; N. Yamauchi and K. Yamamoto. 1995. Enhanced production of ethylene by soybean roots after inoculation with *Bradyrhizobium*. *Plant Sciences*. 111:163-168.
- Tan, Y. 1991. Monument through soil of biological control agent. *Pseudomonas fluorescens*. *Soil. Biol. Biochem.* 23(9):821-825.
- Terry, Elein, A. 1998. Efectividad agronómica de biofertilizantes en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). Tesis de maestría. La Habana.
- Treto Eolia. 1993. La nutrición de las plantas por la vía de la Agricultura Orgánica. Clase Práctica. ISCAH. La Habana.
- Vázquez, V. 1991. Programa para la identificación de *Bacillus* gran negativos. Tesis de Diploma. Facultad de Biología. Universidad de La Habana. 35p.
- Venkataraman, G.S y Tilak, K.V.B.R. 1990. Biofertilizers in Sustainable Agriculture. *Soil Fertility and Fertilizer Use*, 4:137-148
- Walker, T.L; Safir, G.R and Stephenson, S.N. 1990. Evidence for succession of mycorrhizae fungi in Michigan asparagus fields. *Acta Horticultural*, 27(1):273-279.
- Wani, S.P. 1990. Inoculation with associative nitrogen fixing bacteria: role in cereal grain production improvement. *Indian Journal of Microbiology*, 30:363.
- Watanabe, S and Liu, C.c. 1992. Improving nitrogen-fixing systems and integrating them into sustainable rice farming. *Plant and Soil*. 57:141pp
- Weger, L.A; VanderBij, A.J; Dekkers, L.C; Simons, M; Wij Helman, C. and Lughenberg, B.J.J. 1995. Colonization of rhizosphere of crops plants by plant beneficial *Pseudomonas*. *FEMS Microbiology Ecology*. 22:17 pp.
- Xu /et al /. 1994. *Bradyrhizobium liaoningensis* sp. nov. Isolated from the root nodules of soybean. *Int. I. Syst. Bacteriol.* 45: 706-711.

Yahalom, E; Kapulnik, Y and Okon, Y. 1984. Response of *Setaria italica* to inoculation with *Azospirillum brasiliense* as compared to *Azotobacter chroococcum*. *Plant and soil*, 82(1):77-85.

Zhang, F; C. Hamel; H. Kianmehr and D.L. Smith. 1995. Root zone temperature and soybean (*Glycine max L. Merr*) vesicular arbuscular mycorrhizal: Development and interaction with the nitrogen fixing symbiosis. *Environmental and Experimental Botany*. Great Britain. 35(3):287-298.

LA APICULTURA Y LA AGRICULTURA SOSTENIBLE.

M. Sc. Adolfo Pérez Piñeiro



Un apíario bajo la sombra de *Gliricidia sepium* en Villa Clara, Cuba (foto: A. Leyva)

Introducción

El hombre primitivo encontró las ruidosas colonias de las abejas melíferas en los bosques antiguos y cavernas, les arrojó piedras, introdujo ramas en sus colonias, las sacó y vio que su superficie había un líquido claro y viscoso que cuando probó, ¡Oh maravilla, era lo más dulce que había en la naturaleza!.

Sin embargo, las abejas existen en la Tierra antes que los seres humanos. Se encontró con el hombre hace sólo de uno a dos millones de años. Ellas evolucionaron y vivieron siempre sin la presencia y sin necesidad de los seres humanos, por tanto el encuentro con la especie humana es de hecho solo un “tropiezo”.

Por la duración de la vida de una abeja y por la organización de la colmena, se desprende también, que las abejas no son animales domésticos y que viven independientes del hombre escapando en forma de enjambres hacia la naturaleza, donde fundan colonias en ocasiones muy voluminosas sin la menor necesidad de intervención o ayuda humana.

A partir de ese momento comenzó el gran diálogo entre las abejas y los hombres.

Tienen colmenas en el bosque, primero escondidas y después marcadas, más tarde reconocidas por las leyes de la comunidad y luego, cortados los troncos que las contenían y transportados cerca de casa; permitió disponer y controlar las productoras de una de las mercancías consideradas divinas, objeto de culto y ofrenda a los dioses.

En este proceso siempre fue una constante la preocupación por brindar a la familia de las abejas una casa más cómoda y de más fácil manejo para el colmenero: cestas de paja, tubos de barro y troncos huecos, fueron algunos de los albergues brindados por el hombre a sus infatigables colaboradoras.

Esa tarea concluyó hace algo más de 140 años con el descubrimiento del espacio de las abejas, la colmena de alzas múltiples con cuadros móviles y el advenimiento de la Apicultura Moderna: el manejo de grandes colmenares trashumantes, la producción industrial mecanizada de la miel, el servicio de polinización de grandes extensiones de cultivos y la explotación de otros productos de la colmena, como el propóleos, el polen y la jalea real.

En este proceso el hombre aprendió mucho de las abejas, sus características según el sexo y la edad, las relaciones inter individuales, el papel de la familia en el desarrollo y especificación de las distintas castas, las relaciones químicas y comportamentales dentro de la familia, sus formas de comunicación, la estrecha relación con el medio circundante y su capacidad para favorecer la reproducción de las plantas con flores: la estrecha interdependencia por coevolución entre unas y otras.

Abejas, agricultura y medio ambiente

Las abejas han convivido con el agricultor durante varios milenios, el manejo de las colmenas y la producción de miel eran tareas muy apreciadas hasta principios del siglo XIX ya que las industrias productoras de azúcar eran rudimentarias y la miel constituía el único alimento dulce de origen natural. El azúcar y los edulcorantes modernos tal como hoy los conocemos, no había alcanzado el actual desarrollo y volumen de producción.

De ese modo, las abejas convivieron con el agricultor hasta los años 30-40 del presente siglo, momento en que comenzaron a producir grandes cambios en la agricultura. En los países industrializados, se introdujeron los métodos de control químico de plagas y la generalización del uso de pesticidas químicos, provocó y provoca la muerte de miles de colmenas al año y la destrucción de la fauna de

insectos (beneficiosos) de los campos, así como la aparición de formas resistentes a esos productos.

Las abejas, víctimas indirectas o directas de los tratamientos, no desarrollan resistencia a los mismos y llevadas por el agricultor se convierten en los únicos insectos presentes en las grandes extensiones agrícolas.

A pesar de que unos insectos son dañinos, otros son imprescindibles para muchos cultivos, las abejas son los más importantes: Sin polinización por abejas, no serían posible actualmente los altos rendimientos en la producción de semilla de girasol, y otras oleaginosas para la producción de aceite y serían mínimos las producciones de cucurbitáceas y frutales.

Las grandes extensiones en monocultivo, requieren del uso de muchos agrotóxicos y como consecuencia, se promueve la destrucción de la entomofauna, incluyendo las abejas, cuyos rendimientos agrícolas se ven seriamente comprometidos. Esta dependencia de los insectos para la producción agrícola hace imprescindible la presencia de las abejas en los campos y demuestra lo frágil del equilibrio productivo en una agricultura de altos insumos si no se manejan adecuadamente los aspectos biológicos comprometidos en la producción.

En el caso de una agricultura sostenible, el papel de las abejas es fundamental, en este caso el agricultor debe reorganizar su trabajo y reconstruir un ecosistema agrícola con un elevado autoequilibrio, combinando distintos cultivos con las más avanzadas prácticas bioagrícolas de preservación del suelo, control integrado de plagas y un eficiente sistema de fecundación de las flores que asegure la llegada del polen al estigma en la cantidad y el momento oportuno.

En estas condiciones, la mortalidad o el daño a las colmenas es mínimo y la cantidad del medio ambiente es elevada al extremo de facilitar producciones que reúnan la cantidad requerida por la agricultura sostenible y el mercado de productos orgánicos.

En esta agricultura se incluye el bosque, como parte de las áreas aledañas a los cultivos y como elemento biorregulador de la calidad del entorno, que ofrece productos que en otras condiciones no se obtienen.

Las abejas, que no son resistentes a los pesticidas y son muy sensibles a la contaminación ambiental, pueden convertirse en indicadoras de la calidad del

ecosistema agrícola ya que en la colmena se reúne y concentra una muestra tomada en la vegetación existente en un radio de 3 Km. o lo que es lo mismo, una circunferencia de más de 27 Km., lo que a su vez es una ventaja ya que semejante monitoreo es casi imposible de realizar por el Agricultor. En la colmena se encontrarán concentrados por tanto, todas las sustancias presentes en esa zona, protegiendo la agricultura y la vida misma del agricultor.

Abejas y Agricultura Sostenible en Cuba

Una parte importante del trabajo dirigido a la conservación de la biodiversidad de las abejas en Cuba, lo constituye la política de investigaciones trazadas por el Ministerio de la Agricultura. Sus principios se basan en:

- Conservar y mejorar mediante el material genético de que dispone el país mediante selección masal en las zonas de producción y evitar la introducción de material genético extranjero, no adaptado, teniendo en cuenta que las abejas en Cuba, sin selección genética producen como promedio más 40 Kg. por colmena al año y en determinadas zonas alcanzan hasta 100 Kg. o más.
- Propiciar el crecimiento de nuestra flora y su potencial productivo. Fomentar la polinización de los cultivos entófilos.
- Conocer los productos apícolas cubanos desde su origen. Determinar sus límites de calidad y composición química como elementos esenciales para su uso en terapia nutricional y apiterapia.
- Desarrollo de productos y formas terminadas naturales, sin aditivos químicos, que aseguran un grado de calidad similar a los productos en el interior de la colmena.
- Explotación Apícola sin aplicar productos químicos, mediante la combinación de métodos tradicionales y la mecanización del transporte y carga de las colmenas.

El uso agrícola de las abejas en Cuba está fundamentado en el hecho de que actualmente ocurren los cambios tecnológicos y técnicos más profundos que ha experimentado el agro cubano de lo que va de siglo, la economía del país ha precipitado un proceso que el resto del mundo tiene más de 30 años y ha abarcado apenas el 1% de la producción.

El uso de biofertilizantes, bioplaguicidas, controles biológicos, abonos orgánicos, recuperación de suelos, cultivos intercalados, entre otros, ponen a disposición del agricultor un nuevo arsenal de técnicas no agresivas, que bien manejadas restituyen la calidad biológica y orgánica del suelo devolviéndole su carácter vivo, biológico. A esta transformación fundamental se le suma la reducción de las extensiones en

cultivo lo que determina la necesidad de procedimientos que elevan los rendimientos agrícolas. La polinización entomófila es uno de ellos, ignorar sus bases es hacerlo con nuestra existencia ya que las plantas fructifican mediante la reproducción y este fenómeno ocurre con la ayuda de un agente externo en las flores. De hecho el sostén productivo de las abejas, requiere mantener en el agroecosistema una elevada biodiversidad de plantas melíferas y de algún otro aporte económico, de manera que la floración está distribuida a lo largo del año.

En el cuadro 1 se expone un ejemplo del manejo de las abejas bajo las condiciones técnicas y ecológicas de la Cooperativa “Julio Antonio Mella”, Isla de la Juventud, Cuba, donde se trabaja con unas 2.500 colmenas, (descrita por POHLAN y col, 1995).

MES	PLANTA MELIFERA	PRODUCCION EN TONELADAS
Enero	Guisazo (<i>Pavonia spp</i>) Campanilla (<i>Hipomoea spp</i>)	2 – 3 10 - 15
Febrero	Palo Rosa (<i>Neobracea valenzuelana A. Rich</i>) Guasimilla (<i>Prockia crucis L.</i>)	
Marzo	Cítricos (<i>Citrus paradisi y sinensis</i>)	20
Abril	Cítricos (<i>Citrus paradisi y sinensis</i>)	
Mayo	Guao (<i>Comocladia planthiphylla</i>)	100 - 120
Junio	Guao (<i>Comocladia planthiphylla</i>)	
Julio	Soplillo (<i>Lysiloma bahamensis</i>) Benth Almendro (<i>Ximenea americana L</i>) Eucalipto (<i>Eucaliptus spp</i>)	15 – 20
Octubre	Morua (<i>Pithecellobium spp</i>) Eucalipto (<i>Eucaliptus spp</i>)	
Noviembre	Alimentación artificial	2 Kg. azúcar/colmena
Diciembre	Alimentación artificial	2 Kg. azúcar/colmena

Cuadro 1. Manejo de abejas en la cooperativa “Julio Antonio Mella”.

Sin un agente exterior, entiéndase insectos, (abejas en más del 90% de los casos), la efectividad del proceso se reduce entre un 30% y un 50%. Por ejemplo, el Aguacate eleva la producción en un 90%, en el Melón 63% el girasol 30%, en los pepinos 40%, la Calabaza 30%, los cítricos 24%, las Cebollas (semilla) 30%.

La cantidad y calidad del proceso de polinización permitirá el desarrollo de una cosecha uniforme, con frutos de mayor tamaño, una forma adecuada y una maduración temprana y simultánea, producto del vigor lúbrido de los mismos que reduce las posibilidades comerciales.

Consideraciones finales

La Apicultura es, el arte de criar, cultivar y explotar racional y armónicamente las familias de abejas para obtener sus productos sin deterioro de las mismas.

Es por ello que el productor se debe convertir en un apicultor y consciente o inconscientemente, tiene que ser conservacionista, un pensante práctico de la Sostenibilidad ya que de otro modo, no pudiera explotar racional y favorablemente ese pequeño ecosistema que es la colmena.

En Cuba tradicionalmente no ha existido cultura sobre la polinización, no obstante ello, cada vez con más frecuencia se demanda este servicio y se debaten sus posibilidades entre los agricultores por lo se considera que perspectivamente su uso debe ser extensivo e intensivo en el período de floración de los cultivos. Ese momento decisivo del cultivo: la llegada del polen al estigma de la flor, solo lo puede asegurar las abejas.

La calidad y cantidad del proceso de polinización permitirá desarrollar una cosecha abundante y uniforme, con frutos de mayor tamaño y forma adecuada con una maduración temprana y simultánea, resultado del vigor híbrido que reduce las pérdidas e incrementa las posibilidades comerciales.

En Cuba, tradicionalmente, no ha existido cultura sobre la polinización, no obstante ello, cada vez con más frecuencia se demanda este servicio y se debaten sus posibilidades entre los agricultores por lo que se considera que perceptivamente, su uso debe ser extensivo e intensivo en el período de floración de los cultivos.

Bibliografía

Carson, Rachel. 1964. Primavera Silenciosa. Ed. Luis de Caralt, Barcelona.

Caitán Aciniegas, J. Y Lacki, P. 1993. La modernización en la Agricultura. Los pequeños también pueden. Serie Des. Rural. No 11, of. Reg. FAO Am. Lat y el Caribe, US Government Printing office, Washington.

Pohlan J.; J. Borgman y A. Leyva 1995. BAINOA Un ejemplo para programas regionales de la Agricultura Sostenible en Centro América Verlag Shaker, Aachen 39 p.

**FUTURO DE LOS AGROECOSISTEMAS DEL TRÓPICO
METODOLOGÍA "MEDEBIVE"**

Dr. C. Ángel Leyva Galán



Parcela comunitaria en Santa Fe, La Habana (Foto: A. Leyva)

Introducción

La Metodología para el Desarrollo de la Biodiversidad Vegetal (MEDEBIVE) se fundamenta en el análisis integral de los agroecosistemas y en el criterio filosófico: "*La biodiversidad es el principio fundamental de la Agricultura Sostenible*". Utiliza los conceptos de la investigación participativa y detecta las debilidades y fortalezas de cada agroecosistema y su territorio, así como, las oportunidades y amenazas para adentrarse en el camino hacia el desarrollo sostenible. Tal conocimiento facilita la aplicación de los adelantos de la ciencia y la técnica, en la agricultura así como, la experiencia individual de los conocimientos prácticos acumulados entre los productores, a través de la civilización humana.

Esta propuesta metodológica, que se sustenta en los estudios realizados por el autor de este capítulo dentro y fuera de Cuba, se caracteriza por enriquecer la visión de futuro que defienden los líderes de las diferentes regiones agropecuarias del trópico y puede ser aplicada a cualquier agroecosistema territorial, cuya política agraria esté dirigida al desarrollo de la Agricultura Ecológica Sostenible.

Por haberse comprobado su eficiencia en las condiciones de Cuba, se expone como una contribución posible de aplicación práctica, con sus correspondientes ajustes, en las condiciones específicas, del desarrollo y cultura de otros países del trópico.

La metodología parte del principio del estudio integral de regiones, cuyo mayor sustento provenga de la agricultura y en principio, no pretende sustituir ninguna de las recomendaciones ya existentes que persiguen objetivos similares, como la identificación de atributos básicos de los sistemas de manejo propuesta por FAO, (1994); Conwuay, (1994); GIDSA, (1996) y determinación de atributos a partir de las propiedades sistémicas fundamentales del manejo de los recursos naturales (MESMIS) de Masera *et al.* (1999).

El enfoque de esta metodología está dirigido a la diversificación de la biodiversidad vegetal y constituye un complemento enriquecedor de los esfuerzos dirigidos a la evaluación integral de los agroecosistemas, con la peculiaridad de que requiere de pocos recursos materiales, aunque sí, de un personal lo suficientemente actualizado para orientar el trabajo hacia los objetivos indicados con alcance de futuro. Ello estará determinado además, por el grado de complejidad que posea la región en términos de problemas económicos, ecológicos y sociales, las cuales conforman los tres pilares del desarrollo sostenible

Propuesta metodológica

- **Trabajo exploratorio para caracterizar la región**

El objetivo es apropiarse de los conocimientos históricos de la región en estudio. Se basa en el intercambio franco y abierto entre entrevistadores y entrevistados. Los principales elementos a considerar en esta primera etapa de trabajo se recogen en el esquema del prediagnóstico. (Fig. 10)

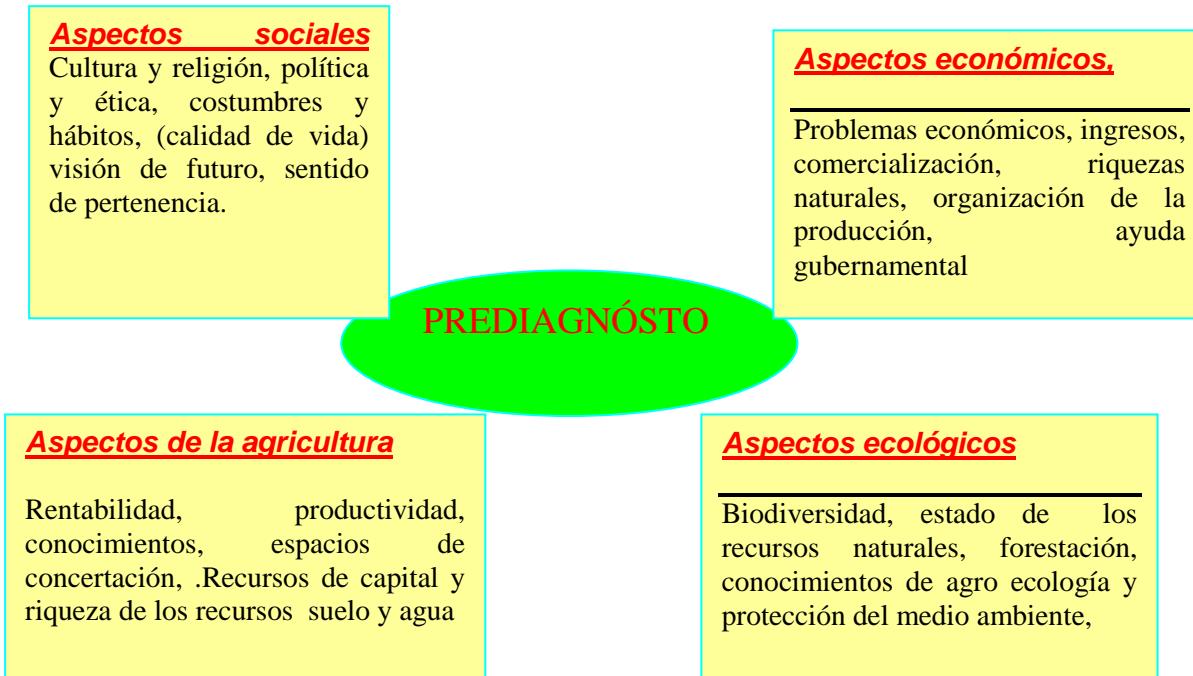


Figura. 10. Contenido del prediagnóstico

El prediagnóstico deberá incluir los siguientes aspectos como principales:

ASPECTOS SOCIALES: Se consideran los siguientes indicadores:

Costumbres, cultura, creencias, alimentación y preferencias, deseos, visión de futuro, principales limitaciones para la plena felicidad, sugerencias para mejorar el trabajo y sentirse orgulloso de él (sentido de pertenencia) sugerencias para mejorar el trabajo de funcionarios gubernamentales en el territorio

ASPECTOS ECONÓMICOS: Los indicadores de mayor peso son:

Opinión sobre la agricultura de la región (en el pasado y el presente), problemas que limitan la diversidad de alimentos en la región, cómo organizar la agricultura para el progreso integral de la región, cultivos que considera prioritarios para la

alimentación y el comercio en la región, opinión sobre las posibilidades de progreso económico del territorio.

ASPECTOS ECOLOGICOS: Por su importancia para el futuro se considerará:

Opinión del porqué no se utilizan en mayor cuantía los residuos orgánicos, conocimientos acerca de la agricultura biológica sostenible y opinión al respecto, opinión sobre la forestación y deforestación en la región, cómo se deben organizar las fincas de acuerdo con los diferentes escenarios productivos, cómo organizaría el territorio para el progreso agropecuario con o sin químicos, cómo cree se están protegiendo los recursos naturales, especialmente el agua, que importancia le atribuye a la biodiversidad, ¿cuáles son las personas que recomienda para las entrevistas, por sus conocimientos y firmeza de sus ideas?

Nota: A los dirigentes se les hace las preguntas ajustadas a sus funciones

- **Diagnóstico de los diferentes escenarios productivos**

Las entrevistas formales se realizan con el objetivo de (i) conocer el estado de los diferentes agroecosistemas, (ii) situación (iii) económica, (iv) ecológica (v) social, así como contar con un nivel de actualización sobre las tecnologías de producción más utilizadas en la región y nivel de aplicación de los adelantos de la Ciencia y la Técnica. Aquí se presenta el esquema que expresa los aspectos a tratar en el proceso del diagnóstico (Fig. 11). Al final del capítulo, se anexa el modelo auto aplicado para la realización de las entrevistas.

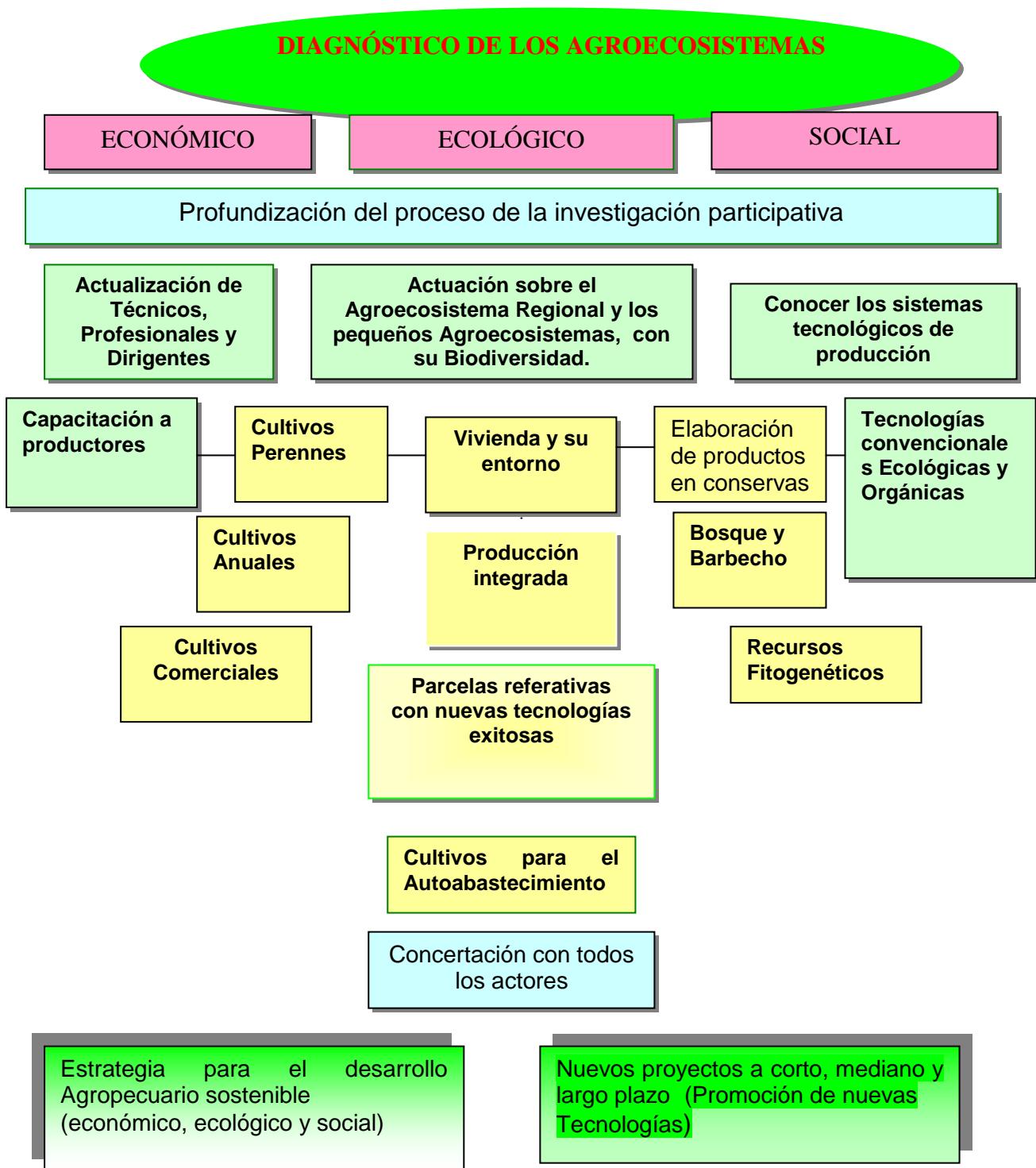


Figura 11 Estructura del diagnóstico de los agroecosistemas

- **Profundización en la investigación participativa**

Como resultado de las entrevistas formales se hace necesario profundizar en aspectos básicos del estudio para alcanzar objetivos muy concretos a saber:

Conocer el nivel de actualización de los técnicos, profesionales y dirigentes del territorio sobre la agricultura biológica sostenible y el cuidado del medio ambiente.

Se comprueba la necesidad o no de realizar un programa de capacitación para profesionales y técnicos, a partir del análisis de las respuestas a las preguntas contenidas en la encuesta.

Concebir la región en estudio, como un gran agroecosistema y cada unidad agrícola de cualquier escenario productivo, como pequeños agroecosistemas

Los pequeños agroecosistemas deben concebirse en interacción con los aledaños, teniendo en cuenta la correspondencia existente con las condiciones edafoclimáticas que la determinan y los intereses en la política agropecuaria de la nación. Sus componentes básicos son los siguientes:

Superficie para la producción comercial, aplicando sistemas de rotación restauradores de la fertilidad del suelo

El objetivo es garantizar un mercado seguro y estable, que determine el crecimiento económico de los diferentes escenarios productivos y, por supuesto, promover el progreso económico de la región. Ello implica que la mayor superficie de cada agroecosistema y del gran agroecosistema regional, se debe dedicar a este objetivo, pero sin sobrepasar las fronteras de los restantes intereses del productor y su colectivo, por lo cual hay que establecer sus límites máximos.

Las rotaciones de cultivos a establecer, implican la selección de cultivos competitivos y capaces de restaurar la fertilidad de los suelos, como lo hacen las leguminosas.

Superficie para el autoabastecimiento con sus sistemas de rotación.

Es necesario considerar que la familia o el colectivo de trabajadores, según sea la organización de la producción, debe mantener una dieta alimenticia acorde con los requerimientos del ser humano, lo suficientemente balanceada en los indicadores alimenticios: calorías, proteínas, grasas, vitaminas y minerales, para garantizar la productividad necesaria y la salud mental y corporal del hombre. Garantizar,

además, sus gustos en correspondencia con su cultura regional. La idea es garantizar la producción de los alimentos posibles técnicamente, para evitar su adquisición en el mercado.

Superficie para las viviendas u oficinas y su entorno.

A este componente deberá dedicársele su espacio dentro del agroecosistema, con el aprovechamiento al máximo de las bondades que puede aportar, a saber:

- El jardín, como elemento regulador de tensiones y alivio espiritual del hombre
- El huerto, de plantas hortalizas, medicinales y de condimento
- Los árboles frutales, para embellecer el entorno, aportar frutas frescas, atenuar el verano y perfumar la brisa con su florecer periódico.
- El apíario, para la fecundación de las flores y como subproducto de ella, obtener la miel, cera y sus derivados.
- Los animales de corral, aprovechando los residuos de la cocina (este indicador puede facilitar la instalación de un biodigestor)
- El establo, para guarecer y proteger el ganado en las noches
- El aprovechamiento de recursos pasivos: alternativas orgánicas (estiércol, materia orgánica del compost, lombricompost, micorrizas, entre otros), energía humana (niños, ancianos, visitantes) y educación del personal no vinculado al proceso de producción, en el amor y cuidado de las plantas.

Superficie para preservar los recursos fitogenéticos.

Quizás este sea uno de los indicadores más útiles del agroecosistema, pues de él dependerá disponer de las variedades promisorias de los cultivos mercantiles y de autoabastecimiento. Su superficie total dependerá de bondades del suelo e incentivos del productor. Los campesinos con sentido de pertenencia, practican esta labor cotidianamente y en ella, regularmente participa toda la familia.

Protección de superficie como barbecho, o bosque transitorio.

Se trata de valorar periódicamente que superficie productiva del agroecosistema se encuentra más afectada, desde el punto de vista de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y, por tanto, necesita ser recuperada. Para ello, es aconsejable dejar la superficie en barbecho por un período de tiempo, que puede fluctuar entre uno y seis años y enriquecerla durante ese tiempo, con siembras de cultivos

restauradores de la fertilidad del suelo, cuando las condiciones económicas lo permitan.

Superficie para los cultivos perennes (bosque permanente).

Es una necesidad para cualquier agroecosistema contar con el área de bosque, el cual garantizará la purificación del aire, constituyendo además un reservorio natural de la biodiversidad vegetal y animal, para la protección de reservorios acuíferos, que normalmente desaparecen del agroecosistema por la falta de ese tipo de atención.

Superficie para los animales, estableciendo sistemas integrados de producción.

La idea es garantizar una superficie para los animales, que bien pudiera rotar con cultivos para el autoabastecimiento y aprovechar los beneficios que aporta el establecimiento del reciclaje. Esa superficie pudiera estar considerada dentro del autoabastecimiento.

Conservación de productos agrícolas y elaboración de conservas.

Es posible multiplicar los conocimientos que algunos productores tienen sobre los principios de la industria rural, algo que hoy se desaprovecha, pues muchos productores han perfeccionado algunas técnicas para el procesamiento y la conservación de productos, que hoy benefician solamente a una parte limitada de la población.

Determinar la composición de la biodiversidad de utilidad práctica en los diferentes escenarios productivos.

Se trata de detectar la composición y distribución de la biodiversidad vegetal y animal del territorio o región, así como la necesidad o no de enriquecerlos. Para ello se utilizan las técnicas y metodologías establecidas para un adecuado tamaño de muestras, que implique el mínimo de trabajo con el máximo de precisión.

Caracterización de los sistemas tecnológicos de producción.

Evaluación de los diferentes sistemas de producción más utilizados en cada escenario productivo de la región y clasificarlos de acuerdo con su eficiencia y el tipo de agricultura a que pertenece. Ello permite conocer el grado de

comprometimiento regional con la aplicación de los principios de la agricultura biológica.

Estrategia para el desarrollo agropecuario sostenible

1. Conducción de parcelas referativas con nuevas tecnologías de producción sostenible

Desarrollo de los recursos fitogenéticos promisorios (autóctonos y foráneos), en lugares al acceso de la mayoría de los productores. Estas áreas demostrativas sirven de base material para el desarrollo de los días de campo, que deben desarrollarse periódicamente con los productores para el intercambio y la actualización.

2. Promoción de tecnologías de producción sostenible de interés económico para la región; investigadas, conducidas y desarrolladas en la región o fuera de ella.

Recomendar los sistemas, las técnicas y tecnologías de producción agropecuarias de mayor eficiencia y más utilizados en los diferentes escenarios productivos.

Concertación con todos los actores del desarrollo

Se hace necesario concertar con todos los que de alguna manera han tenido participación activa en el proceso, para transformar el esquema de desarrollo imperante, de manera que finalmente puedan hacerse las propuestas para el desarrollo regional sostenible, a partir del establecimiento paulatino de una alta biodiversidad. Las propuestas de proyectos a conducir para el desarrollo sostenible regional deben discutirse y aprobarse conjuntamente con los productores, profesionales, técnicos y la Dirección de la Agricultura y del Gobierno Territorial, y los mismos deben ejecutarse a corto, mediano y largo plazos, para lograr el desarrollo agropecuario sostenible de la región (Fig. 11)

Bibliografía

Conway, G. (1994) Sustainability in Agricultural Development: Trade-offs Between Productivity, Stability and Equitability. Journal for Farming Systems and Research- Extensions 4, Número 2: 1-14.

Food and Agriculture Organization (FAO) 1994. FESLM: an International Framework for Evaluating Sustainable Land Management. Roma: World. Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura y los Recursos Naturales (GIDSA) 1996. Semillas para el futuro. Morelia, México: GIDSA.

Masera O., M. Astier y S. López-Ridaura (1999). Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS. México: Mundi-Prensa.

Masera, O. S., López-Ridaura (2000). Sustentabilidad y Sistemas Campesinos. Cinco experiencias de evaluación en México rural. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriada. A.C. Mundi Prensa México S.A. de CV. P 3-42.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA MEDEBIVE

RESULTADOS DE MEDEBIVE EN AGROECOSISTEMAS DE CUBA

Dr. C. Ángel Leyva Galán



Cría de Peces con patos, San José de Guaviare, Colombia (Foto: A. Leyva)

Introducción

Los primeros pobladores de la región caribeña introdujeron la tecnología de “Rozar” mucho antes de la llegada de los conquistadores, mediante el desbroce y uso del fuego para la posterior siembra de cultivos como maíz, yuca, calabaza y variados tipos de frijoles, los cuales constituyan la fuente fundamental de subsistencia de los nativos. Esa incipiente tecnología de producción no afectó los bosques, ni siquiera los primeros asentamientos españoles los alteraron de forma significativa, cuyas energías fueron dedicadas a la búsqueda de oro.

No obstante durante la segunda mitad del siglo XVI, la Isla se convirtió en proveedora de la madera para la construcción de numerosas fragatas de la armada de la Florida. Esto trajo como consecuencia que gran cantidad de madera preciosa, tales como caoba (*Swietenia mahogani*), cedro (*Cedrela odorata*) y sabin (*Lysiloma sabicu*) fueran trasladadas a la metrópolis desde la Isla, pero sin provocar daños de consideración, ya que en la segunda mitad del siglo XVIII, el 83 % del

territorio cubano era boscoso (Del Risco, 1995) Sin embargo, la introducción del cultivo de la caña de azúcar al país y su posterior desarrollo industrial, constituyó el principal enemigo de la biodiversidad cubana.

La biodiversidad en los agroecosistemas de Cuba

Aunque el conocimiento de la biota cubana no es completo, la diversidad cubana posee 42 tipos de ecosistemas y 23 paisajes; de ellos seis -altos y 17 medios. El total de especies terrestres es de 32.080, con un 42, 7 % de endemismo. De ese total, 6.500 son especies de plantas vasculares, con 51.4 % de endemismo (Vale y Vilamajo, 2001; Anuario Estadístico, 2000).

Sin embargo, los estudios de diversidad de utilidad práctica para el hombre sobre los diferentes agroecosistemas de Cuba no han sido muy discutidos. Se sabe que los conucos campesinos de la zona oriental del país estudiados por Esquivel y Hammer, (1992). Son nichos ecológicos que pueden albergar importantes especies de interés para los pobladores de las áreas del campo, reportándose en estos sitios la existencia de 80 especies en un total de seis conucos.

La falta de investigaciones profundas en este campo no ha posibilitado tener todos los argumentos que indiquen las preferencias de cultivos y su dominancia en los diferentes agroecosistemas, independientemente del sistema organizacional existente. Su conocimiento constituye la base principal de evaluación de los indicadores de la fertilidad de los suelos, selectividad edafoclimática, así como, hábitos de consumo y preferencias alimentarias de los productores. Investigaciones simultáneas realizadas en las zonas este y centro de la provincia La Habana, (Leyva y col, 1999) sobre la base de una propuesta metodológica creada para estos objetivos (Leyva, 2001) permitieron demostrar la eficiencia del método para promover la multiplicación de la biodiversidad y, por tanto, buscar el acercamiento al desarrollo agropecuario regional sostenible. La propuesta metodológica expuesta, es la base para el establecimiento de la biodiversidad necesaria, su conducción, multiplicación y desarrollo.

Incremento de la biodiversidad. Motivaciones

La decisión de proponer una metodología para el incremento de la biodiversidad de los agroecosistemas, responde a los resultados alcanzados de las investigaciones realizadas entre los años 1980 -1990, referentes al impacto de la utilización de los principios de la agricultura convencional sobre los agroecosistemas cubanos, cuya

gran mayoría están representados por el monocultivo de la caña de azúcar. Se pudo comprobar los efectos deteriorantes de este sistema de producción convencional. El monocultivo, unido a la combinación de quemar los campos de caña previo al corte, con el uso de los herbicidas residuales, se convirtió en la fórmula más efectiva para desequilibrar estructuralmente la fitocenosis de las arvenses, que los productores durante años, habían venido combatiendo con éxito por vía mecánica, manteniendo equilibradas sus propiedades invasoras. Con el uso indiscriminado de herbicidas derivados de la urea, las triazinas simétricas y carbamatos, entre otros, se estableció una vegetación indeseable difícil de combatir. Especies como *Cyperus rotundus*, *Cynodon dactylon*, *Rottboellia conchinchinensi*, *Sorghum halepense* y *Panicum maximum*, de elevada agresividad y cuyo manejo requiere de herbicidas muy selectivos, aumentaron considerablemente su presencia y, con ella, los costos de producción se multiplicaron de forma excesiva.

Se demostró que el establecimiento como dominantes de arvenses muy agresivas, responde al tipo de herbicida utilizado. Donde predominaron las labores de cultivo sin herbicidas, conservación de la biomasa de caña de azúcar sin quemar, predominaron las especies tradicionales, menos agresivas, mayor diversidad y menor número de especímenes; por tanto, estructuralmente la fitocenosis de las arvenses establecidas en los campos cañeros, está determinada por el método de cultivo empleado. (Leyva y col, 1982)

El método de someter los campos infestados a sistemas de rotación de cultivos utilizando leguminosas, mejoró la composición estructural de las arvenses con la aparición como dominantes, de especies menos agresivas y de fácil combate como: *Richardia scabra* y *Cassia occidentalis*. La diversificación de la producción con la utilización de los métodos de rotación, cultivos asociados y abonos verdes en caña de azúcar, elevó la eficiencia económica del sistema, desaparecieron como dominantes, especies altamente agresivas y las producciones alimenticias adicionales se incrementaron, sin afectación al cultivo principal (Leyva, 1986 y Leyva y Pohlan, 1989).

Aplicación de la metodología MEDEBIVE. Fundamentación

La transformación de los agroecosistemas regionales desde una perspectiva multidimensional, constituye sin dudas la vía para lograr la diversificación de las especies, la estabilidad agronómica y la sostenibilidad de los mismos. Para ello se debe contar con especialistas con dominio de la agricultura y actualización de los adelantos a escala mundial respecto al cuidado y protección del medio ambiente.

La metodología se incluyó en la toma de las decisiones a todos los implicados en el estudio. Su procedimiento y resultados se exponen a continuación:

- Se comenzó por la revisión de la bibliografía escrita o en ejecución, sobre investigaciones realizadas o en realización. Se establecieron contactos con líderes del gobierno, políticos, intelectuales, obreros y campesinos, amas de casa y estudiantes, para conocer sobre el grado de actualización y comprometimiento de la población respecto al desarrollo económico, sentimientos ecológicos y justicia social en el territorio. Se utilizó una guía, que fue elaborada para el cumplimiento de esos objetivos. El número total de personas que fueron encuestadas y entrevistadas ascendió a 256, cifra que respondió a la aplicación de la fórmula que a continuación se señala a propuesta de Díaz (1999).

$n = z \times \mu^2 / n - 1$ donde **n** es el tamaño de la muestra, **z** la confianza que se desea tomar y **μ** es la estimación de la varianza del carácter que se está evaluando

El prediagnóstico, se realizó en dos semanas y tuvo como principal objetivo, adueñarse de los conocimientos históricos de la región y determinar la forma más conveniente y práctica para obtener la información necesaria.

El diagnóstico fue el segundo paso dado y consistió en la realización de una encuesta autoaplicada, basada en la guía previamente elaborada por el autor, (ver anexo) la cual permitió conocer los principales problemas económicos, ecológicos y sociales existentes.

Aplicación de la metodología MEDEBIVE. Resultados obtenidos

El resultado de la aplicación de esta metodología en la zona este de la provincia de La Habana, generó toda la información necesaria para evaluar integralmente el agroecosistema regional, sin embargo, a los efectos de los objetivos de esta obra, se tendrán en cuenta solamente los resultados de mayor implicación con la biodiversidad vegetal.

Para la región en estudio se pudo comprobar lo siguiente:

La composición organizacional de los agroecosistemas del este de La Habana (Tabla 45) mostró total dominancia del cultivo de la caña de azúcar en monocultivo, que alcanzó un tercio de la superficie total; reflejando además, escasez de superficie con cultivos para el autoabastecimiento, así como bajo

porcentaje de bosques en relación con la media nacional. Estos resultados sugieren una transformación organizacional, aún no prevista en el programa de desarrollo agropecuario regional.

Componentes	Superficie (ha)	Porcentaje
Superficie total	17.570	100.0
Superficie no agrícola	9.100	33.0
Caña de azúcar	9.511	34.5
Frutales	1.705	9.8
Cultivos de viandas y granos (autoabastecimiento)	841	3.0
Pastos	139	10.3
Bosques	3.110	11.3

Tabla 45. Composición organizacional de los agroecosistemas

- Las tecnologías más utilizadas en los cultivos principales (caña de azúcar y papa) responden a la agricultura de altos insumos, aunque la falta de recursos los ha llevado a la utilización de alternativas de corte ecológico, lo cual las sitúa en un equilibrio entre ambas tecnologías.
- La diversidad de especies establecida por los productores en los agroecosistemas donde predomina la caña de azúcar (Tabla 46) está compuesta por 41 especies perteneciente a 23 familias (Vega, 1998).
- La diversidad de especies de plantas comestibles, se favorece con los dominios de recomendación III (Ajustes de caracteres según el desarrollo económico, vinculados a una mayor utilización de tecnologías y técnicas de la agricultura sostenible) lo cual se manifestó en los índices ecológicos: diversidad, equitatividad, riqueza y dominancia (Tabla 46).

Dominio de recomendación	Diversidad	Equitatividad	Riqueza	Dominancia	N
I	2.107	0.683	1.221	0.554	84
II	1.132	0.572	1.300	0.708	24
III	2.034	0.657	1.661	0.751	12
Media	2.034	0.657	1.281	0.622	120

Tabla 46. Evaluación de los Índices de diversidad por agroecosistema, valores medios por grupos y caracteres.

- Los profesionales, técnicos y dirigentes de la agricultura, poseían un grado de desactualización correspondiente a un 40 % para las preguntas hechas respecto a la Agricultura ecológica y un 30 % en la de altos insumos, por lo que se realizó

una capacitación teórico práctica, adecuada a las principales dificultades detectadas.

- El desconocimiento mayor en lo referente a la agricultura biológica, estuvo centrado en biofertilizantes, abonos verdes, fases lunares, policultivos, rotación, alelopatía y plantas fungicidas. De la agricultura moderna: biotecnología (cultivos de tejidos); OMG (Organismos Manipulados Genéticamente) y algunas variedades nuevas de amplia utilización por los productores de mayores recursos, fueron las principales preguntas respondidas como no conocidas.
- El sistema organizacional establecido, no se corresponde totalmente con los cambios ocurridos en la política agraria cubana, existiendo excesivo flujo de información que resta tiempo a la producción. El cuidado al medio ambiente se hace a partir de medidas nacionales, sin que exista aun conciencia por parte de los productores de su importancia. Existen pocas medidas regionales de apoyo a esta actividad. Se comprobó inestabilidad en los cuadro de dirección de la agricultura y falta de conocimientos técnicos actualizados en los mismos.
- La distribución de las ganancias presentó la mayor equidad entre los productores organizados en cooperativas, quienes además hacen una vida social más activa que los campesinos independientes, el aporte social de sus producciones, responden con mayor acierto a las necesidades de la mayoría de los pobladores.
- Los productores cuentan con la seguridad social. La educación y la salud son gratuitas. En general gozan de buena salud y poseen viviendas adecuadas, ajustadas a sus intereses y motivaciones. Poseen algún medio de transporte, vías de comunicación aceptable. Las condiciones de trabajo para la mujer son adecuadas. La alimentación es segura en calorías, vitaminas y minerales, sin embargo es poco diversa, con limitaciones mayores en proteínas y grasas.
- Los planes de producción se establecen en función de las necesidades sociales, en primer término; además, se hacen ajustes vinculados a los conceptos de la oferta y la demanda. La infraestructura productiva no responde en su totalidad a los planes de producción por la carencia de recursos e inseguridad en su adquisición, cuando estos dependen del mercado exterior.
- Las limitantes del desarrollo están dadas básicamente por la carencia de un mercado donde adquirir los recursos en el momento oportuno¹.

¹ Posterior a este estudio, se establecieron puntos de venta (Casa del Campesino) en todos los Municipios , donde se ofertan insumos de gran utilidad para los productores

- La organización de los agroecosistemas no responde totalmente a un sistema ecológico diversificado, faltando componentes importantes para el uso de la energía familiar y, por tanto, componentes del equilibrio ecológico. Como fortaleza se destaca la cultura de los productores, lo cual permite en breve tiempo transformar el panorama existente.
- Se determinó la existencia de potencialidades para el desarrollo de cultivos de alta demanda a escala internacional, como el tabaco y la posibilidad de desarrollar otros cultivos que, por las condiciones climáticas especiales de la región, posibilitan introducir a un mercado de fronteras, nuevos productos de alta demanda a escala nacional como la uva, fresa y piña. No se detectaron amenazas a ese posible mercado. Aunque la preferencia de los campesinos por determinados cultivos a veces no está en correspondencia con sus deseos y motivaciones, por varios factores vinculados a la carencia del recurso agua, o no contar con un suelo con las condiciones apropiadas para ello, la información que se brinda permite valorar sus prioridades y simultáneamente ofrece las potencialidades de la región para los cultivos de máxima posibilidades (Tabla 47).

Cultivos	Presencia en las fincas (%)
Yuca	87.5
Maíz	83.3
Frijol	61.5
Aguacate	66.6
Mango	61.5
Boniato	54.1
Tomate	45.8
Chirimoya	33.3
Coco	19.1
Ají cachucha	19.0
Malanga	15.0
Naranja dulce	15.0
Arroz	11.1
Mamey colorado	10.8
Calabaza	10.8
Café	10.8
Naranja agria	10.8

Tabla 47 Cultivos más abundantes en los agroecosistemas.

- La preferencia de los pobladores en el establecimiento de la diversidad de especies en sus patios y traspatios, del casco urbano (Tablas 48), mostró lo siguiente: se registraron 119 especies totales, de ellas 105 vegetales, correspondiendo a ornamentales 18, a frutales 16, medicinales 17 y para condimentos 14 especies. Estos resultados indican las preferencias de los pobladores de dicha región, todo lo cual hay que tener en cuenta para la proyección regional.

Frutales	Ornamentales	Medicinales	Condimentos	Animales		Total
16	18	17	14	7	7	119

Cítricos y frutales	Naranja agria	Naranja China	Limón	Café	Plátano	Aguacate
Totales	81	49	41	163	71	37
Promedio por casas	1.8	1.1	0.9	6,0	1.6	0.8
Casas con presencia	38	13	13	13	19	11
Casas con presencia %	84.4	51.1	51.1	18,8	41.1	46.6
Ornamentales	Rosas	Orquídeas	Malangas de Jardín			
Totales	135	114	63			
Promedio por casas	3,0	1,5	1,4			
Casas con presencia	33	10	16			
Casas con presencia %	73.3	44.4	35.5			
Medicinales	Tilo	Sábila	Orégano francés			
Totales	41	36	30			
Promedio por casas	0,9	0.8	0,6			
Casas con presencia	10	14	14			
Casas con presencia %	44.4	31.1	31.1			
Animales	Aves	Conejos	Puercos	Perros	Gatos	
Totales	159	68	54	39	14	
Promedio por casas	5.7	1.5	1.1	0.8	0.3	
Casas con presencia	31	8	17	30	9	
Casas con presencia %	68.8	17.7	60.0	66.6	10.0	

Tabla 48. Especies en los hogares del casco urbano. (Perdomo et al., 1998)

- La visión de futuro de productores, profesionales, técnicos y dirigentes, difiere en función del nivel cultural y desarrollo. Se corresponde en su mayoría, con el modelo de vida que perduró durante los años florecientes del intercambio comercial entre Cuba y los desaparecidos países socialistas. No

han previsto la producción ecológica ni su comercio y se aspira a alcanzar el nivel de desarrollo vivido en la década de los ochenta, siendo el turismo para los productores, un elemento ajeno a sus reales posibilidades de contribución y desconocen sus potencialidades. A escala gubernamental, sin embargo, se manejan esos criterios desde una óptica más en correspondencia con las potencialidades y reales perspectivas futuras existentes.

A partir de los resultados discutidos, se hizo una importante lista de posibles proyectos, para ser conducidos a corto plazo como: policultivos, rotaciones, variedades tradicionales y de nueva creación, alternativas nutricionales incluyendo biofertilizantes e incorporación de tecnologías de producción sostenible. A mediano plazo, se recomendó la incorporación de diversos de frutales, ordenamiento de los agroecosistemas para diversificar la producción y la adecuación del balance alimentario regional, establecimiento de los conceptos de la industria rural, para el aprovechamiento de los excesos de productos en los picos de cosechas y aprovechamiento de los adelantos de la ciencia y la técnica, según los aportes de organismos científicos aledaños. A largo plazo se consideró la incorporación de cultivos para el comercio internacional y la producción de alimentos orgánicos para apoyar el comercio del turismo.

Impacto de la metodología aplicada

De las propuestas hechas, referidas a la aplicación de nuevas tecnologías de producción sostenibles, así como la sustitución de variedades no aptas para la región, por otras recomendadas por su mayor resistencia al medio y mayor productividad, se pudo apreciar el impacto económico, ecológico y social en todos las cooperativas y productores independientes, que asumieron las recomendaciones y propuestas (Tabla 46).

Como conclusiones de la investigación, se comprobó que aún cuando la región evaluada ha contado con una elevada biodiversidad, su distribución no es homogénea, existiendo agroecosistemas menos fortalecidos que otros, lo cual sugirió su reorganización. También se comprobó la falta de recursos necesarios para el crecimiento económico, para lo cual se hicieron propuestas concretas y se evidenció el poco uso que se le estaba dando a los resultados de la ciencia y la técnica, vinculados al desarrollo agropecuario sostenible, debido quizás a la inestabilidad de los cuadros de dirección y la falta de capacitación que fuera corregida con el curso impartido.

La biodiversidad vegetal total de utilidad práctica encontrada en la región ascendió a 135 especies de 52 familias, cifra que podría ser considerada de adecuada para la región, teniendo en cuenta los altos valores utilitarios de las especies (Tabla 49).

Técnica asumida	Impacto ecológico	Impacto económico	Impacto social	Impactos múltiples
Policultivo Caña + fríjol	Menos arvenses Más diversidad	Más ganancia	Mejor alimentación	Menores recios en el mercado
Variedades de arroz	Mayor diversidad y mayores rendimientos	Más ganancia	Mejor y mayor alimentación	Menores precios en el mercado
Variedades de calza	Mayor diversidad y mayores rendimientos	Más ganancia	Más diversidad alimentaria	Menores precios en el mercado
Tecnología en plátano	Mayor diversidad y mayores rendimientos	Más ganancia	Más diversidad alimentaria	Menores precios en el mercado
Policultivo en plátano	Más rendimientos Suelos protegidos	Mayor ganancia	Mayo r diversidad alimentaria	Menores precios en el mercado
Uso de los abonos verdes	Mayor protección del suelo	Ahorro de dinero al no adquirir el fertilizante	Nueva cultura de producción	Nuevos retos para el conocimiento

Tabla 49 Evaluación cualitativa del impacto económico, ecológico y social por la aplicación de las propuestas tecnológicas

Nota: La evaluación cuantitativa del impacto económico, aparece en Informe conclusivo del Proyecto: "La Investigación Participativa para el rescate perfeccionamiento y aplicación de tecnologías apropiadas en la agricultura cubana," (1999) Proyecto CITMA, Programa Sociedad Cubana, La Habana 232 p.

Familia y Nombre Científico	Nombre vulgar	Clasificación
Familia Araceae		
- <i>Dieffenbachia spp.</i>	Dicha	Ornamental
- <i>Monstera spp.</i>	Mostera	Ornamental
- <i>Philodendron spp</i>	Malanga trepadora	Ornamental
- <i>Scindapsus spp.</i>	Ecindapso	Ornamental
- <i>Spathiphyllum wallisii</i>	Espatifilo	Ornamental
- <i>Colocasia esculenta, Schott</i>	Malanga	Vianda
- <i>Alocasia macrorhiza, Schott.</i>	Malanga	Ornamental
- <i>Caladium spp.</i>	Caladio	Ornamental
- <i>Anthurium andraeanum</i>	Anturio	Ornamental
- <i>Zingonium spp.</i>	Zingonio	Ornamental
- <i>Xanthosoma sagittifolium</i>	Malanga	Vianda
Familia Liliaceae		
- <i>Allium schoeroprasum, Lin.</i>	Cebollino	Condimento
- <i>Allium sativum Lin</i>	Ajo	Hortaliza
- <i>Allium cepa, Lin.</i>	Cebolla	Hortaliza
- <i>Cordyline terminalis, Kth.</i>	Cordiline	Ornamental
- <i>Dracaena marginata</i>	Dracena fina	Ornamental
- <i>Dracaena deremensis</i>	Dracena verde	Ornamental
- <i>Aloe barbadensis, Mill.</i>	Sábila	Medicinal
- <i>Sansevieria spp.</i>	Lengua de vaca	Ornamental
- <i>Asparagus officinalis, Lin.</i>	Espárrago	Ornamental
- <i>Chlorophytum comosum</i>	Cinta	Ornamental
- <i>Allium spp.</i>	Ajo de jardín	Ornamental
Familia Rutacea		
- <i>Citrus aurantium, Lin.</i>	Naranja agria	Frutal
- <i>Citrus sinensis, Osbeck.</i>	Naranja dulce	Frutal
- <i>Citrus limonum, Lin.</i>	Limón	Frutal
- <i>Citrus aurantifolium, Swingle</i>	Lima	Frutal
- <i>Citrus paradisi, Macf.</i>	Toronja	Frutal
- <i>Citrus grandin, Osbeck</i>	Toronja criolla	Frutal
- <i>Citrus reticulata, Blanco</i>	Mandarina	Frutal
- <i>Zanthoxylum pistaciifolium</i>	Vencedor	Ornamental
- <i>Murraya paniculata, Lin.</i>	Muralla	Ornamental
Familia Lamiaceae		
- <i>Coleus blumei, Benth.</i>	Manto	Medicinal
- <i>Coleus amboinicus, Benth.</i>	Orégano	Medicinal
- <i>Rosmarinus officinalis, Lin.</i>	Romero	Medicinal

- <i>Ocimum sanctum</i> , Lin.	Albahaca morada	Condimento y Medicinal
- <i>Pluchea carolinensis</i>	Salvia	Medicinal
- <i>Mejorana hortensis</i> , Moench.	Mejorana	Medicinal
- <i>Mentha arvensis</i> , Lin.	Menta japonesa	Medicinal
- <i>Mentha spicata</i> , Willd.	Hierba buena	Medicinal
Familia Palmaceae		
- <i>Coco nucifera</i> , Lin.	Coco	Frutal
- <i>Veitchia merrillii</i>	Adonidia	Ornamental
- <i>Phoenix roebelenii</i> , O'Brien.	Fénix	Ornamental
- <i>Chrysalidocarpus lutescens</i> , W.	Areca	Ornamental
- <i>Roystonea regia</i> (H.B.K.)	Palma real	Ornamental
- <i>Chamadorea graminifolia</i> , H.	Bambú chino	Ornamental
Familia Rubiaceae		
- <i>Ixora incarnata</i> , Roxb.	Ixora	Ornamental
- <i>Hoffmannia ghiresbrechtii</i> , Ham.	Terciopelo	Ornamental
- <i>Gardenia jasminoides</i> , Ellis.	Gardenia	Ornamental
- <i>Passiflora laurifolia</i> , Lin.	Maracuyá	Frutal
- <i>Coffea arabica</i> , Lin.	Cafeto	Industrial
Familia Asteraceae		
- <i>Helichrysum bracteanum</i> , Andr.	Siempre viva	Ornamental
- <i>Wedelia rugosa tenuis</i> , Green.	Romerillo amarillo	Ornamental
- <i>Bidens pilosa</i> , Lin.	Romerillo blanco	Medicinal
- <i>Gerbera jamesonii</i> , Hook.	Margarita japonesa	Flor de corte
- <i>Matricaria chamomilla</i> , Lin.	Manzanilla	Medicinal
Familia Poaceae		
- <i>Saccharum</i> spp.	Caña de azúcar	Industrial
- <i>Zea mays</i> , Lin.	Maíz	Grano
- <i>Vetiveria zizanioides</i> , Lin.	Vetiver	Ornamental
- <i>Oriza sativa</i> , Linn.	Arroz	Grano
Familia Anonaceae		
- <i>Annona reticulata</i> , Lin.	Chirimoya	Frutal
- <i>Annona squamosa</i> , Lin.	Anón	Frutal
- <i>Annona muricata</i> , Lin.	Guanábana	Frutal
Familia Solanaceae		
- <i>Lycopersicum esculentum</i> , Mill.	Tomate	Hortaliza
- <i>Capsicum annuum</i> , Lin.	Ají	Hortaliza
- <i>Cestrum nocturnum</i> , Lin.	Galán de noche	Ornamental
- <i>Solanum tuberosum</i>	Papa	Vianda

Familia Euphorbiaceae

- <i>Euphorbia pulcherrima</i> , Willd.	Flor de pascua	Ornamental
- <i>Acalypha hispida</i> , Burn.	Rabo de gato	Ornamental
- <i>Phyllanthus acidus</i> , Skeels.	Grosella	Ornamental
- <i>Manihot esculenta</i> Crantz	Yuca	Vianda

Familia Cesalpinaeae

- <i>Parkinsonia aculeata</i> , Lin.	Espina del rayo	Ornamental
- <i>Delonix regia</i> , (Bojer.) Raf.	Framboyán	Ornamental
- <i>Tamarindus indica</i> , Lin.	Tamarindo	Frutal

Familia Urticaceae

- <i>Morus alba</i> , Lin.	Morera	Ornamental
- <i>Pilea microphylla</i> , (L) Liebm.	Frescura	Ornamental
- <i>Pilea rotundifolia</i> , Dalst.	Cuba libre	Ornamental

Familia Crassulaceae

- <i>Kalanchoe pinnata</i> , Pers.	Hoja de viento	Ornamental
- <i>Echeveria spp.</i>	Flor de mármol	Ornamental
- <i>Sedum morganianum</i>	Granito de arroz	Ornamental

Familia Sapotaceae

- <i>Chrysophyllum cainito</i> , Lin.	Caimito	Frutal
- <i>Calocarpum mammosum</i> , (L) Pie	Mamey colorado	Frutal
- <i>Mammea americana</i> , Linn.	Mamey santo Domingo	Frutal
- <i>Pouteria campechiana</i>	Canistel	Frutal

Familia Anacardiaceae

- <i>Mangifera indica</i> , Lin.	Mango	Frutal
- <i>Spondias dulcis</i> , Forst.	Ciruela	Frutal

Familia Musaceae

- <i>Musa spp.</i>	Plátano	Frutal
- <i>Strelitzia reginae</i> , Ait.	Ave del paraíso	Ornamental

Familia Malvaceae

- <i>Gossypium hirsutum</i> , Lin.	Algodón	Medicinal
- <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> , Lin.	Mar pacífico	Ornamental

Familia Zingiberaceae

- <i>Hedychium coronarium</i> , Koenig.	Mariposa blanca	Ornamental
- <i>Costus ruber</i> , C. Wr.	Caña santa	Medicinal

Familia Commelinaceae

- <i>Rhoeo discolor</i> (L'Herit) Hance.	Cordobán	Ornamental y Medicinal
- <i>Zebrina pendula</i> , Schnizl.	Cucaracha	Ornamental

Familia Polipodiaceae

- <i>Nepholepsis spp.</i>	Helechos	Ornamental
- <i>Adianthum spp.</i>	Culantrillo	Medicinal
Familia Umbelliferaceae		
- <i>Coriandrum sativum, Lin.</i>	Cilantro	Condimento
- <i>Eryngium foetidum, Lin.</i>	Culantro	Condimento
Familia Iridaceae		
- <i>Iris spp.</i>	Lirios	Ornamental
- <i>Gladiolus communis, Lin.</i>	Gladiolo	Flor de corte
Familia Portulacaceae		
- <i>Portulaca pilosa, Lin.</i>	Diez del día	Ornamental
- <i>Talinum paniculatum, Jacq.</i>	Verdolaga de jardín	Ornamental
Familia Verbenaceae		
- <i>Lippia alba, (Mill.) Brown.</i>	Menta americana	Medicinal
- <i>Verbena domingensis, Urb.</i>	Verbena	Medicinal
Familia Cucurbitaceae		
- <i>Sechium edule, (Jacq.) Sw.</i>	Chayote	Hortaliza
- <i>Melothria guadalupensis, (Spren,</i>	Pepinillo	Estético
- <i>Curcurbita moschata, Potret</i>	Calabaza	Hortaliza
- <i>Cucumis sativus, Lin.</i>	Pepino	Hortalizas
Familia Nyctaginaceae		
- <i>Bougainvillea spectabilis, Willd.</i>	Flor de papel	Ornamental
- <i>Boldoa purpurascens, Cav.</i>	Nitro	Medicinal
Familia Lauraceae		
- <i>Persea americana, Mill.</i>	Aguacate	Frutal
Familia Caricaceae		
- <i>Carica papaya, Lin.</i>	Fruta bomba	Frutal
Familia Myrtaceae		
- <i>Psidium guajava, Lin.</i>	Guayaba	Frutal
Familia Fabaceae		
- <i>Phaseolus vulgaris, Lin.</i>	Frijol	Grano
- <i>Arachis hypogaea, Lin.</i>	Maní	Oleaginosa
Familia Convolvulaceae		
- <i>Ipomoea batata, Lin.</i>	Boniato	Vianda
Familia Sapindaceae		
- <i>Melicocea bijuga, Lin.</i>	Mamoncillo	Frutal
Familia Vitaceae		
- <i>Vitis vinifera, Lin.</i>	Uva	Frutal
Familia Hidrangeaceae		
- <i>Hidrangea macrophylla, Ser.</i>	Hortensia	Ornamental

Familia Cycadaceae		
- <i>Cycas spp.</i>	Cycas	Ornamental
Familia Rosaceae		
- <i>Rosa spp.</i>	Rosa	Ornamental
Familia Pinacea		
- <i>Thuja orientalis, Lin.</i>	Tuya	Ornamental
Familia Piperaceae		
- <i>Piper peltatum, Lin.</i>	Caisimón	Medicinal
Familia Tiliaceae		
- <i>Justicia pectoralis, Jacq.</i>	Tilo	Medicinal
Familia Cactaceae		
- <i>Apuntia spp.</i>	Cactus	Ornamental
Familia Begoniaceae		
- <i>Begonia spp.</i>	Begonia	Flores de corte
Familia Bombacaceae		
- <i>Bombax emarginatum, A. Rich.</i>	Drago	Ornamental
Familia Malpighiacea		
- <i>Malpighia punicifolia, Lin</i>	Cereza	Frutal
Familia Balsaminaceae		
- <i>Impatiens balsamina, Lin.</i>	Madama china	Ornamental
Familia Amaryllidaceae		
- <i>Polianthes tuberosa, Lin.</i>	Azucena	Flor de corte
Familia Araliaceae		
- <i>Schefflera actinophylla, F. Müel.</i>	Cheflera	Ornamental
Familia Apocynaceae		
- <i>Nerium oleander, Lin.</i>	Adelfa	Ornamental
Familia Chenopodiaceae		
- <i>Chenopodium ambrosoides, Lin.</i>	Apazote	Medicinal
Familia Punicaceae		
- <i>Punica granatum, Lin.</i>	Granada	Frutal
Familia Boraginaceae		
- <i>Mysotis scorpioides, Lin.</i>	No me olvides	Ornamental
Familia Orchidaceae		
- <i>Catleya spp.</i>	Orquídeas	Ornamental

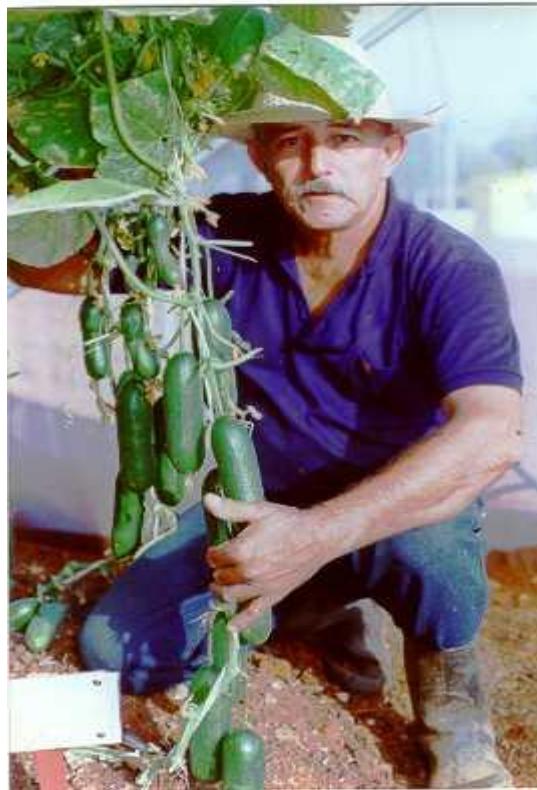
Tabla 50. Familias y especies de utilidad práctica inventariadas en la región

Bibliografía

- Anuario Estadístico de Cuba (2000). Anuario Estadístico de Cuba 1999. Edición 2000 Oficina Nacional de Estadística (ONE). La Habana, p. 18 y 41.
- Alonso, Gisela (2001). Entre todos podemos. Pres. Agencia de Medio Ambiente. Periódico Trabajadores. 2001, jun. 4. p. 8.
- Casco Urbano de Jaruco. Trabajo de Diplomado. Curso de Postgrado, CEAS, UNAH, La Habana. 10 p
- Vega, J. (1998). Diversidad de Cultivos Agrícolas en los Agroecosistemas Campesinos dedicados a la Caña de Azúcar en el Municipio Jaruco, Tesis de Maestría en Agroecología y Agricultura Sostenible. CEAS. UNAH, La Habana Cuba p 29-46.
- Vales, M. A. y Milamajo, D. (2001). La diversidad biológica de Cuba. Conservación y uso sostenible. Revista de Información Científica y Tecnológica Ciencia Innovación y Desarrollo. VOL 6 No 1 (38-44)
- Perdomo, M. E., L. R. Origgs y B. E. Reyes (1997). Biodiversidad de los Patios y traspatios del
- Leyva, A.; A. Alonso y J. Vega (1999) La investigación participativa por el rescate perfeccionamiento y aplicación de tecnología apropiadas a la Agricultura Cubana. Informe Final de Proyecto. CITMA C Habana, Cuba 230 p.
- Del Risco, E. 1995. Los bosques de Cuba. Su historia y características. Instituto del Libro. Editorial Científico Técnica. 1995. 96 p.
- Díaz, A. (1999). Diseño estadístico de experimentos. Ed. Univ. Antioquia. p. 45-48.
- Esquivel, M., A. y K. Hommer (1992). Contemporary traditional agriculture- structure and diversity of the “conuco”/ En su: Origen, evolution and diversity of Cuban plantgenetic resources Germany: Buch and offsetdruckluders, 174 – 192 p.

“LA JOYA”.
PRIMERA PARCELA ECOLÓGICA DE CUBA.

Dr.C. Ángel Leyva Galán



Osvaldo Franchi - Alfaro Roque (29. 02. 1948). Campesino Productor Agropecuario

*“El futuro es tan joven como las estrellas,
El futuro es más nuevo que el sol.
El futuro empieza hoy,
Ojalá: cada día sea más sano”*

Osvaldo Franchi- Alfaro Roque

Introducción

En un apacible territorio de Cuba, donde se observa el atractivo verdor caribeño, se levanta la comunidad “Las Parcelas” ubicada en la zona Norte del municipio San José de las Lajas, provincia La Habana.

Devenido como asentamiento suburbano desde la primera mitad de la década del noventa, esta comunidad es el fruto del ingenio cubano. Tras la caída del muro de Berlín y la desaparición de la ayuda alemana para la alimentación animal de los complejos avícolas creados en Cuba dentro del modelo de la agricultura de altos insumos, se logra la necesaria conversión de las casetas avícolas ya en desuso, en viviendas confortables para la población necesitada.

Esta comunidad totalmente electrificada, con una población de unos 2 mil habitantes se enriquece de unas 750 familias, que en su mayoría se dedica a la producción agrícola, animal o ambas; posee una cultura agropecuaria tradicional. El suelo predominante es el Ferralítico Rojo donde se trabaja con los cultivos hortícolas, frutales, forestales, plantas ornamentales y flores, mientras que la producción animal, se restringe a la ganadería vacuna, cerdos, aves y conejos. Los cultivos están favorecidos por las lluvias periódicas entre los meses de mayo a octubre, donde ocurren el 80% de las precipitaciones, para un promedio anual de 1460 mm, con intervalos fluctuantes entre los meses de agosto y septiembre donde los pronósticos son inciertos.

En medio de este ambiente comunitario, lastimado drásticamente durante los cinco (5) primeros años posteriores al llamado período especial en Cuba, (1992 –1996) dada la escasez de alimentos, se inicia en todo el país por la Fuerzas Armadas Revolucionarias (FAR), un ingenioso movimiento productivo agropecuario, precursor de la llamada Agricultura Urbana en Cuba. Esta iniciativa, estimuló a muchos empleados estatales de origen campesino, a cesar en sus funciones e incorporarse al movimiento productivo urbano, como vía para la solución de las necesidades de la familia y la comunidad. Así se inicia como productor, el funcionario estatal de origen campesino, Osvaldo Franchi-Alfaro Roque.

“La Joya”, primera parcela ecológica de Cuba

La Joya fue el nombre con el que Franchi, (como todos lo conocen) bautizó a su parcela de un tercio de hectárea, que en su inicio, era un cúmulo de escombros y residuos de la deteriorada pollería reemplazada por viviendas y que Franchi, se enfrascó en acondicionar para convertirla en una parcela altamente productiva.

Corría el año 1996, cuando por casualidad se produce el encuentro entre este ingenioso productor y el autor de esta historia. Después de la identificación, surgió la amistad y por tanto las visitas, los consejos y por supuesto el intercambio vivo de varios puntos de vistas. Allí adiviné que estaba frente a un hombre poco común.

Finalmente llegamos a un acuerdo; como el movimiento de Agricultura Urbana crecería por necesidad, la parcela “La Joya” debía ser identificada como ejemplo de lo que se puede hacer, no solamente para atenuar las necesidades alimenticias de la comunidad, sino también para proteger el medioambiente. La consigna entonces fue “seguimos siendo amigos, solamente si serás capaz de conducir la parcela, sin aplicar agrotóxicos”.

Por una experiencia anterior (Pohlan, Borgman y Leyva, 1995) conocimos el papel determinante del sentido de pertenencia, que deben tener los que trabajan directamente “en el surco”, para lograr el éxito de un objetivo similar, por ello, seguimos muy de cerca la evolución de la parcela, sus logros y contratiempos.

No ha transcurrido una década de aquel encuentro y seguimos siendo amigos. Hace ya más de un lustro que la parcela “La Joya” es sostenible ecológicamente, porque nunca ha sido necesario aplicar agrotóxicos, (al inicio, el productor prefirió perder en lo económico, que hipotecar el futuro); también es sostenible económicamente (23 Kg. de hortaliza / m² al año) porque la parcela ha proporcionado ganancias suficientes para el sostenimiento y crecimiento económico de la familia, que inicialmente era de tres (3) personas y que hoy, ha crecido a un número de cinco (5) con el matrimonio de su hijo Michel.

Pero en realidad la dimensión social ha sido la más favorecida. Franchi no sólo alimenta a su familia, sino también a los miembros de la comunidad, vendiendo sus productos hortícolas con mayor calidad a igual precio. Sus principales productos comerciales son: las posturas o plántulas de hortalizas de hojas y frutos y la venta de posturas de guayaba, Aguacate y mango, algo que logra en corto tiempo por el novedoso método de la producción por esquejes. También produce yerba buena para hacer “Mojitos” (bebida preferida de Hemingway). Esta producción la logra intercalada entre la plantación de guayaba, que utiliza como banco de semilla asexual para preparar los esquejes.

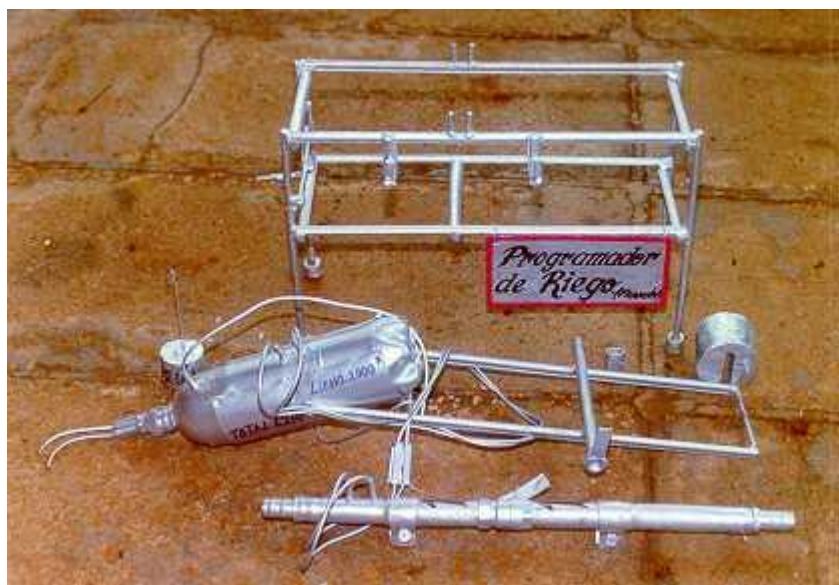
Hasta la fecha la parcela "La Joya" cuenta con una biodiversidad vegetal registrada ascendente a 185 especies de plantas de interés para la población y 11 especies animales. Además del biofertilizante “Ecomic” (Micorrizas) logrado en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en la parcela "La Joya" se produce y se aplican abonos sólidos y líquidos a partir del humus de lombriz, combinado con residuos de plantas con olores desagradables. Como resultado, se obtiene un biofertilizante biorregulador de plagas, que se puede aplicar tanto foliar como al suelo con excelentes resultados.

Quizás el éxito de Franchi radica, en que primero escucha y luego experimenta, así ha sido promotor de los adelantos científicos de los Centros de Investigación del

territorio, siendo su parcela actualmente un punto de referencia internacional para el conocimiento de la Agroecología aplicada.

Sobre su filosofía de trabajo, ordenamiento y uso de la energía potencial de sus fuerzas disponibles, así como arreglos espaciales y técnicas para incrementar los rendimientos, quedará pendiente, para un próximo libro. Ahora se hará referencia al éxito mayor de Franchi durante el período de creación de su parcela ecológica. “El invento del Hidrorregulador Artesanal del tiempo de Riego” más conocido por “*El sistema de Riego Franchi*”

El programador de riego Franchi



En los últimos 5 años las precipitaciones en Cuba han sido escasas, lo que ha provocado déficit en el volumen total de agua respecto a la media histórica. Esta característica climática obliga a los productores a hacer un uso más racional del agua proveniente de la red urbana, que utilizada sin límites por medio de mangueras, esprines y aniego, provoca el lógico conflicto con los restantes pobladores, además del elevado costo de producción para los productores por utilizar este limitado e imprescindible recurso natural.

Como resultado de esta contradicción, rápidamente aparecieron las quejas y demandas de la población, que en su legítimo derecho ciudadano, exigieron el suministro del preciado líquido en las cantidades necesarias para satisfacer las necesidades del hogar, todo lo cual comenzó a afectar a los productores.

Ante tal restricción, el productor Osvaldo Franchi Alfaro Roque, comenzó a meditar y en una noche tranquila, sin poder conciliar el sueño, miró fijamente para su parcela y de pronto apareció el pensamiento salvador - "crear un sistema de regadío, que al consumir el mínimo de agua posible, no afecte a la población y garantiza las producciones que también beneficia a los pobladores"

Así surgió "el programador de riego FRANCHI" como popularmente se le conoce en Cuba y que fuera patentado como invento de primicia mundial, con el nombre de "*Mecanismo hidroregulador del tiempo de riego*" cuyo número de entrada es 000-0053, en la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial, sito en calle Picota No. 15 e/ Luz y Acosta, Ciudad Habana, Cuba.

Diecinueve meses necesitó Franchi para concluir su invento. El 6 de mayo de 1998 inició el trabajo y el 26 de diciembre de 1999 lo concluyó, realizando las primeras pruebas exitosas sobre un cantero de lechugas de 24 metros de largo.

El Mecanismo Hidrorregulador del tiempo de Riego (Sistema de riego Franchi) ha sido creado para programar el tiempo de riego exacto en cualquier superficie de terreno. El modelo más popular, está concebido para regar una superficie desde 400 hasta 4 000 m² consta de las siguientes partes: un bastidor de alambrón, cabilla o madera de 50 cm x 30 cm, un frasco plástico con una capacidad de un litro y medio, cuatro (4) mangueras para sueros con sus llaves, dos (2) contrapesos de plomo y una válvula de tiro rápido de 3/4 de pulgada. Su peso total es de 6.5 Kg., trabaja con la presión del agua ascendente a una atmósfera y puede regular el tiempo de riego desde 30 segundos hasta 24 horas, pero se pueden construir otros modelos en proporción de tiempo y espacio, para cualquier capacidad de agua, de acuerdo al tiempo que se desee controlar.

Es tan fácil su reproducción, que se puede reconstruir en cualquier comunidad por una persona que tenga el mínimo de conocimientos y su construcción en serie puede hacerse de forma artesanal o industrial.

Como inventor prescindió de sus derechos de autor y autorizó su reproducción por cualquier cubano, sin costo alguno, los que además cuentan con su asesoría personal. Franchi también ha puesto su invento a disposición de la humanidad y ya se encuentra en países como Colombia, Costa Rica, Venezuela, México y Canadá, a cuyos países ha viajado para brindar la asesoría para su puesta en marcha.

En Cuba ya se han beneficiado más de 500 comunidades o familias campesinas, utilizando este eficiente hidrorregulador del tiempo de riego, por cuya razón la Dirección Nacional de la Agricultura Urbana de Cuba, lo ha premiado entre los mejores productores del país, además de haber sido premiado por la Organización Internacional FIDAMERICA.

Se basa en acoplar una válvula de cambio rápido en posición “abierta” a un balancín a cuyo extremo superior se inserta un recipiente con una capacidad de agua preestablecida. Al llenarse dicho recipiente, vence la resistencia que ofrece un contrapeso insertado en la parte inferior del balancín y efectúa un movimiento de caída en ángulo de 90 grados, que permite abrir o cerrar la válvula acoplada al balancín.

El sistema de riego Franchi ofrece las siguientes ventajas:

1. Suministra automáticamente la cantidad de agua necesaria y en el momento deseado.
2. No gasta energía, pues funciona con la presión de agua que ejerce la fuente suministradora primaria.
3. Ahorra aproximadamente el 60% del agua que normalmente se ha venido utilizando para un ciclo completo de un cultivo.
4. No erosiona el suelo, pues no hay escorrentía superficial.
5. El equipo se puede construir en su mayor cuantía, con materiales de desecho no degradable fácilmente y por tanto contribuye también a proteger el medio ambiente.
6. No se necesitan conocimientos especiales para reproducirlo y por tanto está al alcance de cualquier productor con independencia de su nivel cultural.
7. No produce accidentes de trabajo al no utilizar energía convencional.
8. Su costo de producción no rebasa los diez (10) dólares (una llave de paso y mano de obra).
9. Puede estar expuesto a las inclemencias del tiempo (frío, calor, descargas eléctricas) y siempre estará funcionando.
10. El sistema de riego Franchi, es completamente ecológico.
11. Aunque este equipo ha sido diseñado para superficie típica de campesinos pobres, puede ser utilizado para cualquier superficie agrícola, ya que se puede construir proporcional al área que se desea regar.
12. Proporciona nuevos puestos de trabajo, sobre todo para la mujer por su fácil manejo (hortalizas, viveros, semilleros, ornamentales y flores, entre otros).

13.Si se compara con los programadores de riego que se ofertan en el mercado mundial, cuyo costo oscila entre 500 y 1500 Dólares, más los costos en su instalación, mantenimiento y consumo de energía, resultaría imposible su utilización en comunidades pobres.

Importancia económica, ecológica y social del programador de riego en un sistema de producción aplicado.

Se diversifica la producción entre los productores, pasando a ser utilizado además de la producción de hortalizas a productores de frutales y forestales en viveros, plantas ornamentales y flores. Aunque aun no ha sido utilizado en la ganadería, posee grandes posibilidades de utilización.

Dentro de las ventajas ecológicas de mayor relevancia se encuentra el hecho de que este sistema no contamina el medio ambiente, puede ahorrar el consumo de agua, se beneficia el manto freático, disminuye la carga contaminante del medio dándole uso a una parte de los materiales de desecho, se incrementan los árboles frutales y forestales, se incrementa por tanto la producción de frutas y madera, se diversifica la producción de alimentos, en cantidad y calidad alimenticia, lo que repercute de manera favorable en la salud de los habitantes de la comunidad; adicionalmente se reduce la erosión de los suelos al no producirse arrastre superficial dado que el agua se suministra en forma de neblina.

Con la aplicación de este sistema de riego la calidad de vida de la comunidad mejora sustancialmente, se equilibran las fricciones entre la comunidad y los productores de alimentos, por el uso del agua, se elevan los conocimientos de la comunidad sobre la importancia del uso del agua y su manejo adecuado y por último se puede afirmar que disminuye la pobreza en las comunidades.

Consideraciones Finales y lecciones aprendidas

Cuando se logra detectar los líderes comunitarios y se potencian sus ideas mediante la orientación acertada y la capacitación actualizada, su capacidad organizativa, su creatividad, empuje y optimismo se incrementa, se promueve el desarrollo sostenible, ya que pueden llegar a convertirse además, en los propios profesores y técnicos de sus comunidades. Por tanto, una de las formas más eficientes y efectivas para enfrentar los problemas de las comunidades rurales pobres, será convertir a los líderes de las comunidades en los propios guías de los restantes productores, con la

participación de las instituciones creadas para estos fines, pero como facilitadores del objetivo trazado.

Con la capacitación bien orientada y las demostraciones con hechos prácticos, se pueden manejar y resolver los conflictos en torno al desarrollo integral comunitario. Las discusiones participativas entre los pobladores de las comunidades y entre estos y las direcciones de las instituciones creadas a tales efectos, son imprescindibles en los tiempos modernos.

Finalmente es necesario recordar que hace más de un siglo, José Martí, el más grande de los pensadores cubanos expresó que no hay obra completa sin la participación de la mujer, por ello, no es extraño que al lado de este humilde y talentoso campesino, siempre ha estado desde el inicio, su fiel y optimista esposa, Miriam González Pompa, quien además de estimularlo, ha participado como coautora, en la creación de su obra.

Bibliografía

Pohlan, J.; Borgman, J.; Leyva, A. (1995): BAINOA: un ejemplo para programas regionales de la Agricultura Sostenible en Centro América. Verlag Shaker Aachen, Agrarwissenschaft, 39 pp.

ANEXOS

MODELOS DE ENTREVISTAS

Para conducir la metodología del desarrollo de la biodiversidad vegetal (MEDEBIVE), es necesario contar con la información secundaria y primaria de la región, la cual se obtiene de las entrevistas y encuestas que se realizan a funcionarios estatales técnicos, líderes territoriales, entre otro personal vinculado a la producción agropecuaria y con alguna responsabilidad en su desarrollo. Por otra parte, se debe recoger la información existente de publicaciones vinculadas al sector agropecuario, con especial énfasis al Plan de Desarrollo Regional, el que servirá de testigo de comparación con el resultado del trabajo.

Las encuestas constituyen la base de este trabajo, por lo cual deben estar bien enfocadas y técnicamente enriquecidas por las diferentes especialidades del perfil agropecuario. Se evitará recoger informaciones que no serán utilizadas. Las entrevistas se hacen en parejas (uno hace la pregunta y el otro anota). El uso de grabadora de mano, esquemas gráficos, entre otros, facilitan mucho el trabajo.

En estas entrevistas se parte de la premisa siguiente: los entrevistadores deben tener un dominio amplio del proceso de desarrollo agroecológico, sus técnicas básicas y principios técnicos de aplicación; por ello, previo al inicio del trabajo, se realizarán intercambios entre los participantes para evaluar el grado de preparación existente para conducir la tarea.

La información que se va obteniendo, debe irse procesando y discutiéndose simultáneamente, para evitar repeticiones innecesarias.

MODELO DE ENCUESTA PARA TÉCNICOS Y PROFESIONALES

Nombre y apellidos _____

Profesión _____

Edad _____

Cargo _____

Salario _____

Tiempo en la agricultura _____

Tiempo en el trabajo actual _____

Transporte que posee para el trabajo _____

Problemas que limitan sus ideas (tres) _____

Opinión sobre su organismo superior (B, M, R) _____

Aspectos de su trabajo que lo disgustan (tres) _____

Sus relaciones con los campesinos (B, M, R) _____

Cómo es el grado de aceptación de su trabajo (B,M,R.) _____

Su opinión sobre la forma en que está organizada la agricultura _____

Exprese su opinión, de cómo la organizaría _____

Limitaciones del mercado _____

Qué está limitando su felicidad _____

Qué importancia tiene para Ud. la región _____

Sabe qué es Agricultura Sostenible. Defínala _____

Coneoce y/o utiliza _____

Energía alternativa (eólica, hídrica, solar) Si _____ No _____ Explique _____

Curva de nivel Si _____ No _____ Explique _____

3. Abonos Verdes Si _____ No _____ Explique _____

4. Biofertilizantes Si _____ No _____ Explique _____

5. Bioplaguicidas Si _____ No _____ Explique _____

6. Bioestimulantes: Si _____ No _____ Explique _____

7. Control biológico Si _____ No _____ Explique _____

8. Plantas repelentes y/o atrayentes Si _____ No _____ Explique _____

9. Rotación de cultivos : Si _____ No _____ Explique _____

10. Policultivos: Si _____ No _____ Explique _____

11. Cobertura: Si _____ No _____ Explique _____

12. Compost: Si _____ No _____ Explique _____

13. Lombricultura: Si _____ No _____ Explique _____

14. Piscicultura: Si _____ No _____ Explique _____

15. Agricultura sostenible: Si _____ No _____ Explique _____

16. Fases lunares: Si _____ No _____ Explique _____

17. Mínima labranza: Si _____ No _____ Explique _____

18. Cultivo principal o cabeza de alternativa: Si _____ No _____ Explique _____

19. Estiércoles: Si _____ No _____ Explique _____

10. Efectos alelopáticos: Si _____ No _____ Explique _____

11. Acupuntura: Si _____ No _____ Explique _____

11. Siembra en contorno: Si _____ No _____ Explique _____

13. Tracción animal: Si _____ No _____ Explique _____

14. Vitroplantas: Si _____ No _____ Explique _____

15. Fertilizantes: Si _____ No _____ Explique _____

16. Herbicidas: Si _____ No _____ Explique _____

17. Plaguicidas: Si _____ No _____ Explique _____

18. Monocultivo: Si _____ No _____ Explique _____

19. Hormonas: Si _____ No _____ Explique _____

30. Antibióticos: Si _____ No _____ Explique _____

31. Riego: Si _____ No _____ Explique _____

31. Maquinaria: Si _____ No _____ Explique _____

33. Biotecnología: Si _____ No _____ Explique _____

MODELO DE ENTREVISTA PARA LOS PRODUCTORES.**Características Socio - demográficas.****Nombre del cabeza de familia:**

1.1 Personas que trabajan en la finca (1,1, 3...10) _____

Personas que no trabajan (1,1, 3.....10) _____

Por qué? _____

No	Parentesco	Nombre	Edad	Escolaridad	Estado de Salud		
					B	R	M
1							
1							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Personas que no viven, pero trabajan en la finca (Describir) _____**Intenciones de emigrar (1, 2,3....10) Razones.** _____

1.6 Cuál(es) campesino(s) de la zona tiene(n) mayor conocimiento de la agricultura. _____

1.7 Tiempo que lleva la finca (Años) _____

1.8 Desde que usted posee la finca ¿qué ha sembrado? _____

Siente usted amor por su finca Sí____ No____ Porqué _____

Cuál es su recreación actual y de su familia. _____

Que recreación prefiere _____

Origen de la familia: Campesina _____ Otras _____

Alimentación diaria: Desayuno _____.Almuerzo _____.Comida _____

Otras _____

De los productos que consume, cuáles no produce en su finca. _____

De los que no produce, cuáles están en posibilidades de producir. _____

1. Diga cinco (5) limitantes que impidan su progreso. _____, _____, _____,

Tiene alguna propuesta para resolverlas. _____

Algo que usted quiera decir. _____

II Características del Medio Ambiente de la finca.**Datos climáticos. Precipitaciones.**

Tipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Mucha												
Regular												
Poca												

1. Temperatura:

Tipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Fría												
Medía												
Calor												

Otras:

Tipo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Inundaciones												
Terremotos												
Otros												

3. Influencia de la luna, Por qué?. _____

Datos del suelo:

4.1 Clase del suelo de la finca. _____

Productividad: Bueno. _____ Regular. _____ Malo. _____

4.2 Limitaciones: Químicas ____ Físicas ____ Biológicas ____ Topográficas ____

Explique: _____

4.3 Principales bondades de su suelo: _____

Aqua: _____

5.1 El agua que consume es: Buena _____ Regular _____ Mala _____

5.2 Fuente de abasto: _____

5.3 Qué uso le da al agua: _____

5.3.1 Humano, ¿cuál? _____

5.3.2 Animal, ¿cuál? _____

5.3.3 Para cultivos, ¿cuál ?I _____

6 . Datos topográficos del agroecosistema

6.1 Sabana (Llana) % _____ Montaña % _____

6.2 Ondulaciones % _____ Otros % _____

III Agroecosistema.

1. Características del agroecosistema.

1.1. Distribución espacial (en función de la superficie total de la finca en porcentaje)

1.1.1. Bosque natural superficie (ha) _____ (%) _____

1.1.2. Cultivos permanentes (ha) _____ (%) _____

1.1.3 Rastrojo o barbecho (ha) _____ (%) _____

1.1.4 Pastos (ha) _____ (%) _____

1.1.5 Casa y su entorno (ha) _____ (%) _____

2. Biodiversidad vegetal (especificar el número de especies y especímenes) Ej. Mango (6)

2.1 Maderables

2.1 Frutales

2.3 Pastos

2.4 Arvenses

2.5 Raíces y tubérculos

2.6 Leguminosas

2.7 Granos (poáceas).

2.8 Hortalizas

2.9 Ornamentales

2.10 Medicinales.

2.11 Condimentos

2.12 Melíferas

2.13 Energéticos

2.14 Industriales

2.15 Cerca viva

2.16 Oleaginosas

2.17 Textiles

2.18 Plantas para uso religioso (Explique)

2.19 Otras (especifique)

2.20 Cultivos que le gustaría tener. Razones por las que no los tiene _____

3. Biodiversidad Animal

- 3.1 Animales de trabajo (Tipo y cantidad) _____
- 3.2 Animales de consumo (Tipo y cantidad) _____
- 3.3 Animales domésticos (no de consumo) _____
- 3.4 Animales libres que predominan en la finca _____
- 3.5 Animales que vende (Local, nacional) _____
- 3.6 Animales que le gustaría tener (dar razones) _____
- 3.7 Raza de animal que prefiere (según el tipo) _____
- 3.8 Tiene posibilidades para la cría de peces Si ___ No ___ Especifique _____

IV Industria Rural:

4. Derivados que utiliza de la Biodiversidad:

- 4.1. Derivados de vegetales _____
- 4.2. Derivados de animales. _____

4.3. Qué productos le gustaría conservar. Razones por la que no lo hace: _____

V TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA:

5. Cultivo(s) principal(es)

- 5.1. Selección y conservación d semillas o hijuelos (Explíquelo) _____
- 5.2. Acondicionamiento y preparación de suelo (Explique) _____
- 5.3 Preferencia de variedades (señálelas) _____
- 5.4. Siembra y/o plantación (Explique) _____
- 5.4.1 Tratamiento a la semilla pre- siembra _____
- 5.4.2 Profundidad de siembra _____
- 5.4.3 Distancias de siembra _____
- 5.4.4 Entre plantas _____
- 5.4.5 Entre hileras _____
- 5.4.6 Uso de elementos nutricionales en pre-siembra _____
- 5.4.7 Labores de cultivo (cuáles) _____
- 5.4.9 Incidencia de plagas (Cuáles) _____
- 5.4.10 Método de combate _____
- 5.4.11 Composición estructural de arveses _____
- 5.4.12 Sistemas agroforestales (si está presente, ¿como?) _____
- 5.4.13 Sistemas Silvopastoriles (especificar) _____
- 5.4.14 Policultivos (Cuáles) _____
- 5.4.15 Rotación de cultivos (cuáles) _____
- 5.4.16 No. de cosechas / año superficie con dicho cultivo _____
- 5.4.17 Labores de poscosecha, utilidad (explique) _____
- 5.4.18 Conservación de la cosecha (explique) _____
- 5.4.19 Relaciones de comercialización (Explique) _____
- 5.4.20 Usa las fases lunares para realizar las cosechas (Explique) _____
- 5.4.21 cosecha (Explique) _____
- 5.4.22 Conservación de las cosechas (Explique) _____
- 5.4.23 Rendimientos (t.ha) _____
- 5.4.24 Venta (Explique) _____
- 5.4.25 Rentabilidad _____
- 5.4.26 Labores de postcosecha (explique): _____

VII TECNOLOGIA DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL.

Producción integrada (animal y vegetal) Explique _____

- 6.1 Rotación Explique _____

6.2 Limitantes en la alimentación animal Explique _____

- 6.3 Procedencia de la alimentación _____

6.4 Método de cría animal _____

6.5. Lotes que posee la finca Explique _____

VII. PREFERENCIAS

Producción animal _____ Producción vegetal _____
ambas _____

7. 1 Raza animal que posee (especifique la especie) _____

7. 2 Variedades de los cultivos que posee_____

7. 3 Aceptará propuesta que aumentan su biodiversidad y productividad._____

7.4 Que haría para proteger el medio ambiente. Explique _____

7.5 Que necesita para ser feliz. Explique _____

VIII. INFRAESTRUCTURA.

8. Comunicación:

81.1 Carreteras B _____ Regular _____ Mala _____ Observación _____

8. 2 Trocha B _____ Regular _____ Mala _____ - Observación._____

8. 3 Brecha B _____ Regular _____ Mala _____ Observación._____

8 .4 otras: Explique _____

8 5 Transporte _____

8. 5.1 Animal _____

8 .5.2 Motorizado _____

8. 5.3 Automóvil _____

8. 5. 4Otro (Explique)

8. 6 Electricidad Si _____ No _____ otras _____

8. 7. Vivienda _____ Estado _____

8. 8. Comodidades de la mujer _____

8. 9. Atención médica _____

8. 10 Cultura _____

8. 11 sueños _____



De Izquierda a derecha. Dr. Leyva (No 9 de pie) y Dr. Pohlan (No.5 de pie) Con productores de Tabaco en Sancti Spíritus, Cuba

El colectivo de autores agradece a la MSc Tamara Tejeda Peraza su dedicación y entrega para la escritura y revisión minuciosa de todos los capítulos de este libro.