

F. AUGSTBURGER\*

### Summary

*In Bolivia, traditional forms of crop association continue to exist in cold and temperate zones. Tests on potato crops demonstrated the efficiency of associating potato with lupine and horse beans, and under certain conditions, with maize. The study showed a more efficient use of land area, with increases of up to 35 percent in farm products and 161 percent in total biomass. While "mixed" system is slightly superior to the "alterning" system the use of alternating furrows prevents crop damage and is therefore recommended.*

*Associative systems in the highlands are less efficient than in the valley.*

*By comparison to the humid tropics, the associative systems tested in the present study seem less efficient.*

*The residual effects of crop association are difficult to demonstrate, but it is clear that the association of potatoes with other crops is often more efficient than planted alone.*

### Introducción

**L**os cultivos asociados son definidos como "un sistema de producción agrícola en el cual se cultiva dos o más especies al mismo tiempo y en el mismo terreno" (8)

La asociación de cultivos tiene un papel muy importante en la agricultura de subsistencia en zonas del trópico húmedo y en cultivos forrajeros de climas mediterráneos y continentales.

Según Steiner (8), hasta la fecha la mayoría de los alimentos para la humanidad a nivel mundial son producidos en cultivos asociados. No obstante de eso, los

cultivos asociados recién hace 20 años han llamado el interés de los investigadores; la literatura importante es posterior a 1970 y ésta se refiere en su mayoría al trópico húmedo.

El área de estudio se encuentra en Bolivia, más particularmente en el departamento de Cochabamba. La población en este departamento, sobre todo en sus valles interandinos, es muy densa y en su mayoría se dedica a la agricultura; por eso la intensificación de la producción es imprescindible.

En el marco de este trabajo se entrevistaron 67 campesinos en los valles y las punas del departamento de Cochabamba, en cuanto a sus motivaciones y costumbres para asociar cultivos; además se hicieron numerosas observaciones en el campo; entre ellas, se observó la existencia de la asociación de cultivos sobre todo en la producción para el autoabastecimiento; en cambio, sembradíos con destino al mercado prácticamente han desaparecido. Se estima que en el área de estudio aproximadamente 25% de la superficie de los agricultores minifundistas está cultivada con más de una especie.

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 19 enero, 1984. Trabajo realizado bajo la dirección científica del Instituto de Investigaciones en Agricultura Biológica de Oberwil, Suiza y financiado por la fundación "Pro Bolivia", de Ginebra, Suiza.

\*\* Asesor del Proyecto Agrobiología Universidad Cochabamba, Agruco, Casilla 1836, Cochabamba, Bolivia.

En las encuestas se registraron principalmente 4 tipos de asociaciones de cultivos (1):

**Tipo 1, cultivo mixto:** Siembra de dos o más especies sin orden definido, normalmente con un cultivo dominante

**Tipo 2, cultivo alternado:** Siembra en surcos alternados con distancias definidas entre surcos y plantas

**Tipo 3, sembradío bajo abrigo:** Se cultiva por lo menos dos especies juntas, pero no se las siembra al mismo tiempo y el segundo cultivo se cosecha más tarde que el primero

**Tipo 4, combinación de cultivos perennes y anuales:** Se combina fruticultura y agricultura.

En el valle y en la puna del departamento de Cochabamba se observaron más frecuentemente las asociaciones que se anotan en el Cuadro 1.

Los 67 agricultores cochabambinos encuestados indican varias razones para sembrar más de un cultivo en el mismo lote y al mismo tiempo:

- Mejor aprovechamiento del agua, abono y terreno
- Menor incidencia de sequías, inundaciones, granizos y heladas o sea mayor seguridad en la producción
- Dieta mejor equilibrada
- Costumbre
- Casualidad (germinaron varios cultivos sin haberlos sembrado).

Cuadro 1. Asociaciones tradicionales de cultivos, observados en el valle y las punas del departamento de Cochabamba.

Cultivos	Tipo
Haba / Quinua	2
Oca / Haba / Quinua	1
Papa / Haba / Oca	1
Papa / Quinua	2
Oca / Quinua	2
Maíz / Quinua	1
Lupino / Pasto	2
Papa / Maíz	2
Maíz / Alfalfa	3
Maíz / Carotes	1
Vides / Cebolla	4
Duraznos / Maíz / Alfalfa	4
Beterraga / Zanahoria	1

La última respuesta de la casualidad se registró frecuentemente, aunque fue obvio que en la respectiva parcela se habían sembrado varias especies, y no han germinado solamente restos de los cultivos anteriores. Esto indica que el agricultor tiene vergüenza de su sistema tradicional y tiende a abandonarlo.

Se establecieron estos ensayos con el fin de determinar índices agronómicos de la asociación de cultivos en climas fríos y templados. Puesto que la papa es uno de los cultivos principales para el autoabastecimiento y el mercado se escogió una serie de posibles asociaciones con papa.

## Materiales y métodos

### Ubicación de los ensayos

Los ensayos Pairumani A y Pairumani B se realizaron en la granja Pairumani, ubicada en el valle Cochabamba; los demás ensayos se ubicaron en parcelas de campesinos minifundistas en la puna (Cuadro 2)

Las características de los suelos varían bastante de un lugar a otro y éstas se encuentran resumidas en el Cuadro 3.

### Variedades utilizadas

Las variedades utilizadas todas fueron locales; la papa (*Solanum andigenum*) fue siempre la misma: Imilla Blanca. Las de haba (*Vicia faba mayor*) y de lupino (*Lupulinus mutabilis*) se adquirió de los campesinos del lugar; solamente el maíz (*Zea mays*) utilizado en el ensayo Pairumani B, fue de una variedad seleccionada denominada Choclero 2.

### Implantación de los ensayos

La preparación del suelo de estos 4 ensayos y el residual se realizó con el tradicional arado de palo tirado por bueyes. La fertilización fue uniforme con abonos orgánicos; de acuerdo al contenido de N de cada uno de estos abonos se dosificó 40 kg de N/ha. Esta aplicación arrojó además aproximadamente 32 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 37 kg K<sub>2</sub>O y 17 kg Ca/ha. Aunque los campesinos acostumbran fertilizar los cultivos de papa con mayor cantidad de abonos orgánicos, se decidió por este nivel bajo con el fin de detectar mejor posibles efectos residuales de los sistemas de asociación. La siembra se efectuó a mano y todos los cultivos se aporcaron 2 veces a mano. Los ensayos de Colomi y Rodeo fueron sembrados en época de lluvia; no recibieron riego. El ensayo Pairumani A se regó 7 veces y el de Pairumani B 6 veces por haber sido cultivados en época de sequía. En los ensayos de

Cuadro 2. Ubicación de los ensayos.

Lugar	Altitud msnm	Temperatura °C		Precipitación mm*
		Media	Máxima Mínima	
Colomi	3 210	8	15	1 100
Rodeo	3 480	6	16	605
Pairumani A/B	2 600	15	26	639

\* Aproximadamente 90% de la precipitación cae entre el 15 de diciembre y 15 de abril.

Cuadro 3. Características de los suelos.

Lugar	Orden de Suelo	Humus %	pH	Nutrimentos (soluble en lactato) ppm		
				P	K	Ca
Colomi	Espodosol	7.7	5.6	20	100	1 200
Rodeo	Entisol	2.1	6.8	40	190	1 800
Pairumani A/B	Entisol	3.3	6.5	20	150	1 500

Colomi y Rodeo la papa se trató 3 veces con fungicida sistémico "Ridomil" con el fin de controlar enfermedades fungosas. En los ensayos residuales se sembró uniformemente papa de la variedad Imilla Blanca, no se incorporó el follaje de ninguno de los cultivos y no se usó ninguna fertilización con el fin de conocer los efectos de posible fijación de nitrógeno.

**Diseño experimental**

En los cuatro ensayos el diseño utilizado fue de bloques al azar con 4 repeticiones. El tamaño de las parcelas en el ensayo de Pairumani B fue de 21.6 m<sup>2</sup> y en los otros tres de 14.4 m<sup>2</sup>. La distancia entre surcos fue de 60 cm y entre planta y planta varió según el cultivo. La densidad de siembra en los "cultivos puros" fue: papa 55 500, maíz 55 500, haba 111 100, lupino 83 300 plantas por hectárea. En los sistemas "alternado" y "mixto" resultó para cada especie la mitad de la densidad sembrada en el "cultivo puro". El ordenamiento de los diferentes sistemas fue el siguiente:

**Cultivo puro**

```

O O O O O O O O O O O O O O O O O O
O O O O O O O O O O O O O O O O O O
O O O O O O O O O O O O O O O O O O
    
```

**Cultivo alternado**

```

O O O O O O O O O O O O O O O O O O
X X X X X X X X X X X X X X X X X X
O O O O O O O O O O O O O O O O O O
    
```

**Cultivo mixto**

```

O X O X O X O X O X O X O X O X O X
X O X O X O X O X O X O X O X O X O
O X O X O X O X O X O X O X O X O X
    
```

Se utilizó en cada especie parcelas con "cultivo puro" y con los dos sistemas de asociación. Se evaluó asociaciones solamente con 2 cultivos en cada parcela. En el ensayo Pairumani B se trabajó solamente con el sistema alternado.

**Toma de datos**

Principalmente se evaluaron los rendimientos de los productos agrícolas con fines de alimentación humana. Por la importancia que tienen los cultivos como forraje, también se evaluó la biomasa (Bm) total, sin considerar las raíces.

Los diferentes rendimientos de productos agrícolas se entienden de la siguiente manera:

Papa = Tubérculos  
 Haba = Vaina en verde para el consumo en fresco.  
 Lupino = Grano seco con 14% de humedad.  
 Maiz = Choclo para consumo como verdura

En los ensayos con ataques de enfermedades fungosas se hizo una lectura de los mismos antes del primer tratamiento fitosanitario mediante una estimación exacta en porcentaje.

La cosecha de todas las plantas se efectuó a mano

Para los diferentes sistemas se calculó el uso equivalente de la tierra (UET), (4, 5). El UET da información sobre la eficiencia con la cual se usa la tierra, o sea indica la superficie de cultivos puros que sería necesario cultivar para obtener el rendimiento logrado con el cultivo asociado. Por ejemplo un UET 1.2 significa que en una hectárea de cultivos asociados se logra un rendimiento equivalente al sembrado en 1.2 hectáreas de cultivo puro

La fórmula citada es:

$$\frac{a \text{ asociado}}{a \text{ puro}} + \frac{b \text{ asociado}}{b \text{ puro}} = \text{UET}$$

Haciendo la comparación del UET de asociaciones con el de cultivos puros que es por definición 1, se elimina la variación natural existente también en cultivos puros. Con el fin de poder hacer un análisis de varianza se comparó el rendimiento de cada parcela con el rendimiento promedio de cada tratamiento al cual pertenece la parcela respectiva:

$$\text{Para cultivos puros: } \frac{a \text{ puro}}{n} = \text{UET rel}$$

$$\frac{\sum a \text{ puro}}{1}$$

$$\frac{1}{n}$$

Para cultivos asociados:

$$\frac{a \text{ asociado}}{n} + \frac{b \text{ asociado}}{n} = \text{UET}$$

$$\frac{\sum a \text{ puro}}{1} \quad \frac{\sum b \text{ puro}}{1}$$

$$\frac{1}{n} \quad \frac{1}{n}$$

Se calculó los UET según la fórmula para cada una de las repeticiones y luego se les sometió al análisis de varianza (Los requerimientos y factores UET son promedios redondeados de 4 repeticiones)

## Resultados y discusión

### Cultivos asociados

En los Cuadros 4, 5, 6, y 7 se observan los rendimientos obtenidos y en el Cuadro 8 se presenta los porcentajes de incidencia de enfermedades fungosas en la papa.

El nivel de rendimiento de los cultivos empleados en los cuatro ensayos se considera bajo. En el cultivo principal que es la papa comparado con la producción promedio nacional de 6 150 kg por ha en 1979 (3) los rendimientos logrados que fluctúan entre 8 410 y 13 090 se considera representativos. Estos rendimientos se deben en primer lugar a la baja fertilidad de los suelos escogidos y en segundo lugar a la baja dosis de 40 kg de nitrógeno en forma de abonos orgánicos. Pero se considera importante trabajar en el futuro al mismo nivel que tiene actualmente el pequeño agricultor, si se quiere conocer la efectividad de sus sistemas de cultivo.

Si en una asociación de cultivos un especie rinde más que la mitad que en cultivo puro, su aporte se considera positivo a la asociación. En el sistema de papa con haba se observó condiciones muy favorables para la haba en el ensayo de Colomi (Cuadro 5) donde la haba se comporta muy bien en la asociación pero causó ligera competencia a la papa; esto fue debido a la humedad excesiva para la papa que se presentó en este ensayo. En las pruebas de Pairumani y Rodeo, o sea en ambientes más secos los cultivos de papa y haba presentaron similar fuerza de competencia lo que significa que existió un equilibrio. El rendimiento de vainas de haba en el ensayo Pairumani B (Cuadro 7) fue bajísimo, por haberse utilizado una variedad no adecuada al ecosistema, lo cual produjo mucho follaje pero pocas vainas. En Rodeo ubicado a 3 480 msnm los rendimientos de lupino fueron mayores que en Pairumani que se encuentra a 2 600 msnm, lo que demuestra que el lupino prospera mejor en zonas elevadas y no soporta una napa freática alta. (Por eso fracasó totalmente el cultivo de lupino en Colomi).

Excepto de los resultados obtenidos en el ensayo de Rodeo donde se presentó un UET de 0.93 en el cultivo alternado de papa y haba siempre se logró factores UET de productos mayores que 1. En los ensayos Pairumani A y B y Colomi, al nivel de  $P = 0.05$  no se encontró diferencias significativas, entre los sistemas utilizados pero se observa una tendencia clara en favor de las asociaciones. La misma se confirma en Rodeo, donde existe la diferencia significativa ( $P = 0.01$ ) entre cultivos puro y cultivos asociados

Cuadro 4. Rendimiento de cultivos asociados, ensayo Pairumani A.

Cultivos	Rendimientos kg/ha					UET	
	Tub.	Papa Bm.	Vaina	Haba Bm.	Grano	Lupino Bm.	Producto Bm.
Papa							
Cultivo puro	9 120	15 700					1.00
Haba							
Cultivo puro			9 210	18 680			1.00
Lupino							
Cultivo puro					800	39 880	1.00
Papa + Haba							
Alternado	5 790	10 710	4 210	8 200			1.11
Papa + Lupino							
Alternado	6 750	12 440			360	12 950	1.20
Papa + Haba							
Mixto	6 670	11 100	4 300	8 950			1.20
Papa + Lupino							
Mixto	8 070	15 420			240	45 410	1.18
DMS 0.05							ns

Cuadro 5. Rendimiento de cultivos asociados, ensayo Colomi.

Cultivos	Rendimiento kg/ha		UET Productos
	Papa tub.	Haba vaina	
Papa			
Cultivo puro	13 090		1.00
Haba			
Cultivo puro		19 900	1.00
Papa + Haba			
Alternado	5 990	15 570	1.24
Papa + Haba			
Mixto	5 750	11 550	1.02
DMS 0.05			ns

Nota: El cultivo de Lupino se perdió por napa freática muy superficial.

Según el Cuadro 7 existe una enorme competencia del maíz hacia la papa; esto se debe aparentemente a la distancia de sólo 60 cm entre surcos de papa y maíz o sea 120 cm entre cada surco de maíz. Se observó que los agricultores acostumbran hacer esta asociación, pero con distancias de siembra mucho mayores.

Aunque estadísticamente no es significativo, pero con una tendencia clara, el lupino parece ser la mejor leguminosa para asociar con papa; esto vale para zo-

nas secas, puesto que su sistema radicular se extiende a más profundidad que el de la papa. En cambio, las raíces de la haba crecen en la misma área que la de las papas y su asociación es solamente aconsejable en zonas con suficiente humedad.

Como el UET en el sistema "mixto" tiende a ser más alto que en el "alternado" esto permite considerar una mayor eficiencia biológica del segundo sistema. Esto puede explicarse por los requerimientos de espacio de cada especie que no son iguales en el mis-

Cuadro 6. Rendimiento de cultivos asociados, ensayo Rodeo.

Cultivos	Rendimientos kg/ha			UET Productos
	Papa tub.	Haba vaina	Lupino grano	
Papa Cultivo puro	11 950			1.00 b
Haba Cultivo puro		15 240		1.00 b
Lupino Cultivo puro			3 870	1.00 b
Papa + Haba Alternado	6 600	5 800		0.93 b
Papa + Lupino Alternado	6 470		2 490	1.31 a
Papa + Haba Mixto	8 690	9 010		1.32 a
Papa + Lupino Mixto	11 400		1 530	1.35 a
DMS 0 01				0.28

Cuadro 7. Rendimientos de cultivos asociados, ensayo Pairumani B.

Cultivos	Rendimientos kg/ha				Lupino		Maíz		UET	
	Papa tub.	Bm.	Haba vaina	Bm.	grano	Bm.	Choclo	Bm.	Prod.	Bm.
Papa Puro	8 410	18 070							1.00	1.00 b
Haba Puro			1 390	28 480					1.00	1.00 b
Lupino Puro					860	18 690			1.00	1.00 b
Maíz Puro							20 160	72 450	1.00	1.00 b
Papa + Haba Alternado	3 070	14 260	930	34 010					1.05	2.02 a
Papa + Lupino Alternado	3 730	18 400			530	28 330			1.12	2.61 a
Papa + Maíz Alternado	1 610	7 110					15 080	109 610	1.33	2.14 a
DMS 0.01									ns	0.56

mo tiempo para la papa y los cultivos utilizados en las asociaciones. Pero hay que tomar en cuenta que la cosecha de una planta de papa ubicada por ejemplo entre dos de lupino es sumamente incómoda y también daña a la planta restante, por esta razón el sistema "mixto" no es práctico.

Para el campesino no solamente los productos con fines alimenticios son importantes, toda materia verde

le interesa, hasta el follaje de la papa le sirve como forraje. Los factores de UET de biomasa fluctúan entre 1.11 y 2.31; esto indica todavía más claramente la alta eficiencia de la asociación de cultivos para el campesino, que siempre utiliza toda la biomasa producida en su lote.

Se supone que los cultivos asociados tendrían que ser más eficientes en condiciones marginales que en

óptimas. Pero los factores UET de producción en las alturas, que representan condiciones de crecimiento vegetal no tan favorables no superan a los de Pairumani, que es más bajo. Esta observación coincide con las de Kass (6), que también observa UET más altos en buenas condiciones agrícolas.

El ataque de enfermedades fungosas de la papa (Cuadro 8) fluctuó fuertemente de un lugar a otro. En Pairumani, el ataque fue mayor que en Colomi y Rodeo; eso tiene que ver con el microclima, aunque Colomi es un lugar húmedo, siempre hay viento y por eso las matas secan rápido y la incidencia es menor. Notable es también la baja infección del ensayo Pairumani A, sembrado en época de sequía y el fuerte ataque en el ensayo Pairumani B, cultivado en época de lluvia. En el ensayo de Pairumani A es notable la mayor incidencia en el cultivo puro, la misma tendencia se ve en el ensayo Pairumani B; cabe mencionar, la alta incidencia en la asociación con maíz por la elevada humedad que conservó el maíz en estas parcelas.

#### Efectos residuales de los cultivos asociados

Es de interés conocer los efectos residuales de las asociaciones con leguminosas; por eso se evaluó en dos ensayos los efectos que tenían los diferentes sistemas de asociación sobre un cultivo de papa consecutivo.

Según la creencia de algunos campesinos el lupino tiene un efecto regulador al nematodo *nacobus*. Este nematodo se presenta en las alturas como uno de los principales problemas en el cultivo de papa; por eso se escogió la papa como cultivo evaluador de los efectos residuales.

En el Cuadro 9 se observan los rendimientos obtenidos con el cultivo de papa, sembrada en los lotes de los ensayos de cultivos asociados de Rodeo y Pairumani B.

Los rendimientos del segundo cultivo de papa son mayores que los de año anterior; esto se debe a la época más apta de siembra y condiciones climatológicas superiores; además se considera que el nitrógeno aplicado el año anterior en forma orgánica estuvo más disponible en el segundo año.

Se observa residualmente mayores rendimientos de papa en los tratamientos en que el cultivo anterior fue haba; la respuesta de la papa al efecto residual de una leguminosa no es claro. Se considera que esto se debe al hecho que el fósforo se encuentra como factor limitante y no el nitrógeno, posiblemente fijado por las leguminosas. Eso coincide con ensayos de Kunkel (7) y trabajos propios (2) donde tampoco hay respuesta a nitrógeno en ninguna forma, si el fósforo es el factor limitante. Además, se debe considerar lo siguiente: la profundidad de trabajo del arado de palo es como máximo 15 cm; debajo de esta capa arable difícilmente penetran las raíces de la papa, pero sí las del lupino y probablemente también de la haba. En consecuencia el supuesto nitrógeno fijado o el fósforo solubilizado por las leguminosas se encuentra demasiado profundo como para que el segundo cultivo de papa pueda aprovechar estos nutrimentos.

Las leguminosas utilizadas en el presente trabajo en el sistema "mixto" han sido aporcadas junto con las papas o sea han crecido también en camellones de aproximadamente 30 cm; en cambio, en los "cultivos puros" y cultivos alternados prosperan en terre-

Cuadro 8. Porcentaje del follaje de la papa atacada por enfermedades fungosas.

Cultivo	Pairumani A	Ensayo de Colomi	Rodeo	Pairumani B
Papa				
Cultivo puro	21 a	13	4	50 ab
Papa + Haba				
Alternativo	10 b	9	7	41 a
Papa + Haba				
Asociado	12 b	8	7	—
Papa + Lupino				
Alternativo	10 b	—	8	36 a
Papa + Lupino				
Mixto	16 a	—	8	—
Papa + Maíz				
Mixto	—	—	—	65 b
DMS 0.05	7.6	ns	ns	16.8

Cuadro 9. Efectos residuales de cultivos asociados evaluados en comparación con cultivo puro de papa.

Cultivo anterior	Rendimiento de papa kg/ha	
	Rodeo	Pairumani B
Papa		
Cultivo puro	10 660 bc	17 080 a
Haba		
Cultivo puro	11 610 bc	21 520 b
Lupino		
Cultivo puro	9 550 bc	20 120 ab
Maíz		
Cultivo puro	--	18 730 ab
Papa + Haba		
Alternativo	12 460 b	22 250 b
Papa + Haba		
Mixto	15 280 a	--
Papa + Lupino		
Alternativo	8 270 a	17 330 a
Papa + Lupino		
Mixto	11 160 bc	--
Papa + Maíz		
Alternativo	--	17 270 a
Promedio	11 370	19 190
DMS (P = 0.05)	2 790	3 460
C.V. %	16.52	12.13

nos casi planos. Eso no tiene ninguna importancia cuando el agua es abundante como en el ensayo de Colomí, pero si falta agua se presentan diferencias como por ejemplo en el ensayo de Rodeo (Cuadro 6), donde papa + haba alternativo tiene un UET negativo, pero papa + haba mixto resulta positivo.

Importante nos parece el hecho de que el cultivo asociado solamente en un caso (Cuadro 9) ha causado una reducción del rendimiento del cultivo posterior. En los dos ensayos el promedio del efecto residual de los cultivos asociados es mejor que el de la papa en cultivo puro.

### Resumen

En Bolivia, en zonas frías y templadas existen todavía formas tradicionales de asociaciones de cultivos

En ensayos realizados principalmente con cultivo de papa se vio la eficiencia de la asociación de papa con lupino, con haba y bajo ciertas condiciones también con maíz. Se logró demostrar un mayor aprovechamiento de superficie hasta 35% en productos agrícolas y hasta 161% en la producción de biomasa total.

Hay ligera superioridad del sistema "mixto" sobre el "alternado" por perjuicios causados en la cosecha

en el primer sistema; la alternación de cultivos en surcos es más aconsejable.

Sistemas de asociaciones en la puna parecen menos eficientes que en el valle.

Comparando con el trópico húmedo, los sistemas de asociaciones probados en el presente trabajo parecen menos eficientes.

Los efectos residuales de cultivos asociados son difíciles de demostrar, pero es evidente que una asociación de papa con otro cultivo la mayoría de las veces es más eficiente que el cultivo puro.

### Literatura citada

1. AUGSTBURGER, F. Cultivos asociados; técnica agrícola en desaparición, Labor, 4-5 La Paz, Bolivia 1982.
2. AUGSTBURGER, F. Agronomic and economic aspects of manure in bolivian valleys and highlands The Netherlands, Elsevier, 1983. pp. 335-345 (Agriculture Ecosystems and Environment, 10).



3. FAO. Anuario FAO Producción, Vol. 33, 1979. Roma, 1980.
4. IRRI. Annual Report for 1973, Los Baños, Philippines. 1974.
5. IRRI. Cropping systems, Los Baños, Philippines. 1975.
6. KASS, D. C. Polyculture cropping systems, Review and analysis, Cornell International Agriculture Bulletin 32, 1978.
7. KUNKEL, R. CIDI, Cochabamba, Bolivia. 1980.
8. STEINER, K. G. Mischkulturen: In wichtiges element zur intensivierung der troischen Kleinlandwirtschaft, en Entwicklung und landlicher Raum Nr. 5, S 11-13. 1981.

## Reseña de libros

ODUM, H. T. Systems ecology; an introduction. New York, Wiley, 1983. 644 p.

Esta es una ambiciosa contribución, novedosa y dinámica, al todavía emergente campo de la ecología sistemática. Introduce los sistemas ecológicos, mientras resume los principios generales de todos los sistemas, y usa ejemplos de ecosistemas con mayor frecuencia para ilustrar generalizaciones sobre el diseño y funciones de los sistemas.

En los últimos años la palabra "sistemas" ha adquirido, para mucha gente, una cierta cualidad mágica. El término se usa promiscua, vaga y entusiastamente. El problema reside no en el significado de ese término sino en la manera en que se aplica. Conceptualmente, un sistema es simplemente una colección de componentes que interaccionan para lograr una función. En el uso convencional el término se refiere a un juego de factores que se sabe (o se supone) que son necesarios y suficientes para algún propósito o efecto. La naturaleza de los sistemas es estudiada por la ciencia de la cibernética, uno de cuyos padres es Norbert Wiener, y por la Teoría General de Sistemas (GST) fundada por Ludwig von Bertalanffy.

El enfoque de sistemas (o análisis de sistemas) es una senda al estudio de sistemas físicos y sociales que permite que situaciones complejas y dinámicas sean comprendidas en un amplio esquema. El enfoque es

válido ya sea que el tema sea un sistema de calefacción, un sistema postal, una explotación agrícola, una firma, ... o un ecosistema.

En los últimos veinte años el Dr. Odum y varios colegas y estudiantes han intentado desarrollar un lenguaje de sistemas que combinara características de sistemas reales, tomando, cuando era necesario, elemento de otros lenguajes de sistemas. Se desarrolló un lenguaje de símbolos y diagramas de circuitos de energía, el que combinaba la cinética, la energética y la economía. Al reducir los componentes a energía, se intenta unificar los modelos y principios en algo dinámico que funcione como una forma de matemáticas.

Por consiguiente, los propósitos del libro son 1) ayudar en la enseñanza de la naturaleza y teoría de los sistemas, 2) introducir sistemas de la Naturaleza, de diferentes escalas de tamaño en una forma comparativa, 3) introducir los sistemas ecológicos, 4) usar un lenguaje de energía para generalizar y comparar sistemas naturales y humanos, 5) enseñar el lenguaje de sistemas y enfoques de modelos para entender los sistemas, 6) unificar los conceptos de cinética, dinámica, energética, ambiente, y economía, 7) presentar evidencia para generalizar la jerarquía energética, calidad de la energía, y selección de máximo poder, 8) introducir la teoría de análisis de energía, y 9) buscar un camino más riguroso y total para introducir y unificar la ecología general.

Todo esto representa el texto del curso para graduados que el autor ha impartido en la Universidad de North Carolina (1966-1970) y en la Universidad de Florida (desde 1980). El resultado es un libro

interesante por lo novedoso y por el esfuerzo que se ha hecho para mostrar los modelos en forma gráfica. Los diagramas del lenguaje de energía son atractivos y fáciles de comprender una vez que uno haya observado con atención la decena de símbolos gráficos sencillos y fáciles de diferenciar, con que se elaboran. Es un gran alivio que se presenten estas figuras primero y después se relacionen con las matemáticas, en vez de la acostumbrada y atemorizadora ruta de representar primero a los sistemas con ecuaciones. Es también simultáneamente sintético y analítico: los diagramas muestran la estructura entera y las definiciones con símbolos muestran la relación entre las partes. Fue una agradable sorpresa, por ejemplo, entretenerse con tres diagramas energéticos de tres tipos de fotosíntesis, a saber, de las plantas  $C_3$ , de las  $C_4$ , y de las crasuláceas (pp. 375-376). Igualmente, me entretuve mucho estudiando un diagrama (p. 519) de un ecosistema con "humanos", un cultivo de cacao bajo sombra de árboles de *Erythrina*, en Brasil, descrito por Zevallos y Alvim, en cuya publicación en *Dasonomía Interamericana* intervine como editor.

El libro también desafía el enfoque insumo-producto (input-output) en el análisis de energía, al utilizar un concepto diferente, el de energía incorporada. Por último, esta representación del sistema en términos de energía integrada a él le pone un freno a los modelos matemáticos, los que tienden a desbordarse en extrapolaciones, muchas veces absurdas. Quizás, como dice el autor (p. 582), los diagramas están más cerca a la heterogeneidad del mundo real. Esto se confirma al final del libro, en el que Odum, consciente del uso errado de los modelos y de algunas predicciones como las del Club de Roma, advierte, tal como lo han hecho otros autores como Gardner, Beckerman y Galomb, sobre los peligros y trampas en que puede caer el que elabora un modelo sin seguir

ciertas precauciones. Así, aconseja no extrapolar más allá de la región de ajuste del modelo, no creer que el modelo es la realidad misma, no enamorarse de su modelo, no rechazar datos que están en conflicto con el modelo, y no limitarse a un solo modelo. Estas advertencias realzan los méritos de esta obra.

Es una lástima que un libro de valor, que puede llegar a ser muy importante si sus postulados y su enfoque son aceptados en el futuro, tenga abundantes erratas. Parece que no hubiera habido una esmerada corrección de pruebas antes de la impresión. La página de erratas que se ha agregado al volumen se refiere sólo a fórmulas matemáticas (14 de ellas), en las que hay que cambiar términos de ecuaciones. Pero hay numerosas otras erratas menores. Leslie Holdridge, de quien hay un diagramita (p. 410) de su conocida fórmula para la determinación de las formaciones vegetales del mundo, publicada en 1947, figura en el libro como Holderidge y, en mi opinión, Odum falla en no señalarlo como uno de los primeros en formular un modelo ecológico. Un autor Martini, sin iniciales, en la p. 599, resulta ser T. Martin en la 620. Hay dos Di Toro, D.D. y D.M., en la bibliografía (p. 589) y sólo uno (D.D.) en la lista de autores (p. 617). En una misma página (458), Van Voris (1980) figura también como Von Voris (1978), y se trata del mismo trabajo. Y hay otros más. Quizás habría que agregar a las advertencias del Dr. Odum a estudiantes y estudiosos, otra sobre no dejar de revisar y verificar sus datos cuando publiquen sus modelos de sistemas y hagan referencias bibliográficas.

ADALBERTO GORBITZ  
EDITOR EMERITO, IICA  
APARTADO 281  
2100 GUADALUPE, COSTA RICA