

TURRIALBA

REVISTA INTERAMERICANA DE CIENCIAS AGRICOLAS

VOLUMEN 43

TRIMESTRE JULIO-SETIEMBRE 1993

NUMERO 3

CODEN: TURRAB 43(3):163-233

Natural resource conservation with peoples' participation in the uplands of the Maribios volcanic ranges of Nicaragua. I. Appropriate land use and rural social diversity. P.N. Sharma	163
Natural resource conservation with peoples' participation in the uplands of the Maribios volcanic ranges of Nicaragua. II. Adaptation of conservation technology to farmers. P.N. Sharma	171
Natural resource conservation in the Maribios uplands of Nicaragua III. Conceptual framework for incentives P.N. Sharma	183
Influencia de la densidad de siembra y las condiciones ambientales en la emergencia de girasol F.J. Cardinali, G.A. Orioli	189
Eficiencia del mejoramiento genético de papa con manipulaciones de ploidía R. Ortiz, S.J. Peloquin	196
Identification and distribution of melon-infecting viruses and their vectors in two provinces of Costa Rica C. Rivera, W. Villalobos, M.V. Sánchez, C. Zumbado, C.M. Rodríguez	210
Contenido de hule y características agronómicas del guayule. B.A. López, K. Sathyanarayanaiah, F. Borrego	216
Plaguicidas como contaminantes J.E. García	221
Reseñas de libros	230, 231, 232, 233



INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

San José, Costa Rica

CR ISSN 0041 - 4360

Natural Resource Conservation with Peoples' Participation in the Uplands of the Maribios Volcanic Ranges of Nicaragua.

I. Appropriate Land Use and Rural Social Diversity¹

P. N. Sharma*

ABSTRACT

Biophysical and socioeconomic problems related to natural resource conservation of the uplands of the Maribios volcanic ranges of Nicaragua are discussed. Since the USDA method for land classification was found to be unsatisfactory, the FAO method, as adapted to the conditions of the Maribios, was used to develop appropriate land use maps of two (Nos. 3 and 4) of the eight upland watersheds of the Western Maribios. Almost all these uplands need appropriate soil, water and forest conservation measures to remain sustainable under present use or in use according to land capability. For watershed No. 3, 5466 ha (11%) and in No. 4, 10 342 ha (3.3%) are in a critical state. These critical areas need to be converted to forestry or otherwise protected. Almost 95% of the rural-based families are either small farmers (50%) owning 1.4-7 ha or landless share croppers/farm laborers (45%). Since both these groups are subsistence farmers and represent a majority in the rural-based society, special efforts are needed to adapt appropriate conservation technology to their needs, limitations and traditional practices, if present land use or use according to land capability is to remain sustainable in the Maribios uplands.

Key words: Land suitability classification, rapid rural appraisal, land use systems, land distribution.

COMPENDIO

Se discuten en este trabajo los problemas biofísicos y socioeconómicos relacionados con la conservación de los recursos naturales de la cordillera volcánica de los Maribios en Nicaragua. Para elaborar los mapas de uso general apropiado de la tierra, en dos de las ocho cuencas hidrográficas altas (nos. 3 y 4) de la parte oeste de los Maribios, se utilizó la metodología desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), y adaptada por el autor de este artículo a las condiciones de la región. El método del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA) resultó inapropiado. Casi todas las tierras de las cuencas altas necesitan medidas de conservación de suelos, agua y bosques, para lograr sostenibilidad bajo los actuales usos o por capacidad de la tierra. Sólo alrededor del 11% de la tierra de la cuenca no. 3 y el 3.3% de la cuenca no. 4, con áreas totales de 5366 ha y 10 342 ha respectivamente, se encuentran en condiciones de uso conflictivo y consecuentemente crítico. Por lo tanto, si fueran usadas medidas de conservación, sería necesario convertirlas para uso forestal o en áreas protegidas. Del 95% de las familias rurales, 50% lo forman pequeños productores con fincas de 1.4 ha a 7 ha, y el 45% es una combinación de arrendatarios y trabajadores rurales. Dado que ambos grupos son productores de subsistencia y representan a la mayoría de la población rural, se requiere invertir esfuerzos especiales para adaptar tecnologías de conservación a sus necesidades, limitaciones y prácticas tradicionales, y para lograr la sostenibilidad en el uso actual o por capacidad de la tierra de los Maribios.

INTRODUCTION

The Maribios volcanic ranges of Region II of Nicaragua are densely populated (190 inhabitants/km²), with a total population of about 376 000, of which about 45% live in rural areas.

Approximately 11 000 families are dependent for their living on the uplands of the Western Maribios alone (50 000 ha, Fig. 1). The uplands of the Maribios are considered to be all those lands over 200 masl, since all lands below this elevation are practically flat. Almost 95% of these upland families are either landless (share cropping and casual labor) or are small marginal farmers (Sharma 1990). In general, these families are subsistence farmers who survive by rainfed agriculture, fuelwood collection and/or as casual laborers. The agricultural productivity of their lands has recently been going down due to serious erosion, estimated to be 30-40 t/ha annually in the region (Lutz *et al.* 1993). Most

¹ Received for publication July 15, 1991.

This work was carried out as a part of the FAO(UN)/IRENA project GCP/NIC/019/NET at Leon in Nicaragua for which the author is very grateful

* Professor (Land Use), RENARM/Watershed Project, Integrated Natural Resources Management Program, 37 CATIE, 7170 Turrialba, C.R.

of the community forests in the region have also been disappearing progressively over the last 30 years, making fuelwood scarce. Thus, the majority of the population in the uplands is living in poverty, forcing these marginal farmers to over-exploit the lands and scarce forests, exacerbating poverty. Conservation of natural resources (soil, water, forest) for sustained crop and fuelwood production is an urgent task if the standard of living in the region is to be improved.

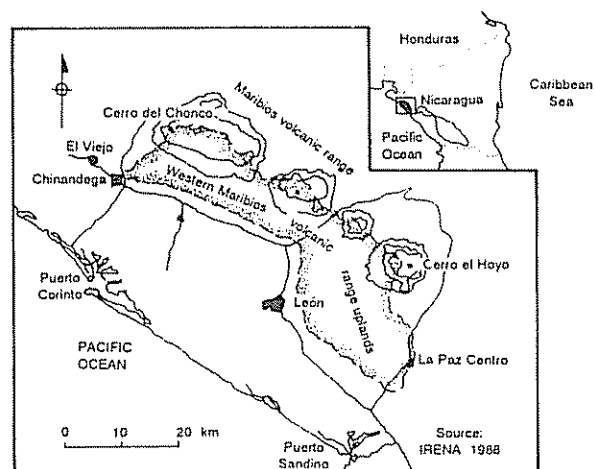


Fig. 1. Map of the Western Maribios volcanic ranges of Nicaragua.

This study, presented in three parts, aims at: (1) establishing appropriate land use based on land capability; (2) establishing appropriate natural resource conservation technology, as adapted to the farmers' traditional practices, needs and limitations, such that farmers can easily adopt it and conserve their natural resources through sustained crop and fuelwood production; and (3) developing a conceptual framework to determine incentives for farmers/land holders to carry out various conservation activities.

Part I of this study is a result of an analysis of eight upland watersheds of the Western Maribios. The study was conducted in 1989 to determine appropriate land use of the watersheds so that farmers can make rational use of their lands and meet their needs within their limitations and land potential.

SOILS AND RAINFALL

Soils

The soils of Western Maribios uplands are of volcanic origin and vary in soil taxonomical order from Entisols to Inceptisols (Nic. MAG 1969). They are mostly sandy or sandy loam in texture (Nic. MIDINRA 1979), varying in depth from very shallow (<20 cm) to very deep (>90 cm) (Nic. MAG 1971). The organic content of these soils varies from moderate to moderately high (3-6%), but, due to their volcanic origin, the soils have low levels of phosphorus and only moderate levels of potassium. All these characteristics make the soils moderately erodible (erodibility factor $K = 0.1-0.25$) (Nic. MIDINRA 1983). The risk of erosion for these soils without any surface cover becomes even higher as slope and rainfall increase. However, they can safely be used for sustained agricultural and forestry production even on slopes if they are properly protected by a suitable surface cover.

Rainfall distribution

The climate of the Maribios is sub-humid tropical. The average annual rainfall received in the uplands varies from about 1300 mm to 2000 mm, increasing from west to east (Nic. MIDINRA 1983).

Recent studies by Rapidel and Rodriguez (1990) show that the most probable date of rainy season commencement in the Leon and Chinandega areas (Fig. 1) is between 10-15 May. The areas north and west of Leon generally receive very irregular rains in the first humid period (*primera*) from May to August. The areas north and east of Chinandega regularly receive over 600 mm in the same period. There may be a relatively dry period (*canicula*) of two or more weeks during August. The potential for a dry period is high in areas to the north and west of Leon, but very low in areas around Chinandega. The second half of the rainy season (*postrera*) runs from August to November. Most areas around and to the north of Leon and Chinandega receive an average rainfall of over 700 mm during this period. The summer season (*apente*), from November to April, is usually a dry period receiving <20 mm of rainfall.

Winter rainfall is often received in the form of high-intensity storms which create even more erosion on unprotected sloping lands. But with proper

land protection, this rainfall is good for at least two crops annually. Thus, the Western Maribios have potential for sustained production if appropriate land management is used.

METHODOLOGY

There are many different methods used to classify land capability. In Latin America alone, over 35 methods are used in different countries (Tosi 1985). In Nicaragua, the USDA method (Klingebiel and Montgomery 1961) has been used in the past, and land capability classification maps have been prepared for many parts of the country (Nic. MAG 1969). The USDA method is usually an interpretation of the soil maps. Since most soils in the Maribios are good for any use, the only criterion used to differentiate land classes according to the

USDA method in 1969 is soil depth; thus, this method gives soil capability rather than land capability. Additionally, under the tropical conditions of a developing country, this method suffers from various other limiting assumptions (Klingebiel and Montgomery 1961): a temperate climate, agriculture use only on the best soils, high inputs and mechanization, all of which are not valid in the Maribios case. The method also requires highly trained personnel for implementation. In Nicaragua, most extensionists are semi-trained and most farmers are semi-literate. For these reasons, although the USDA methodology has been available in the country since 1969, practically no transfer of the 1969 USDA land capability maps has been made to farmers' fields.

In addition to not considering the socio-economic conditions and needs of the farmers who use the lands, the USDA methodology specifies only

Table 1. Summary of land use planning criteria for Entisols/Inceptisols as adapted to the conditions of the Maribios, Nic. (Sharma 1990a).

FAO land suitability class	No. of land class	Slope (%)	Soil depth (cm)	General appropriate land use	General soil, water and forest conservation measures*
Suitable					
S ₁	I	0-8			
S ₁ (a)	Ia	0-1.5	> 40	all	Nil
S ₁ (b)	Ib	1.5-8	> 40	all	Alley cropping with base knitting
S ₂	II	8-15	> 40	all	Hedge rows with base knitting
S ₃	III	15-25	> 20	Fruit trees or pasture or forest	Hedge rows or leguminous bushes and trees mixed
		all<15	20-40	-do-	-do-
Marginally suitable					
NS ₁	IV	25-35	> 20	Community forestry	Cover crop or pasture cover on ground
		all<25	20-40	Community forestry or pasture with cover crops	Cover crop or pasture cover on ground
Not suitable					
NS ₂	V	> 35	all	Integrally protected natural forest	No disturbance of any kind, completely protected area. no fire at all

* Biological soil fertility improvement methods are an integral part of all soil conservation measures on all lands except class V

mechanical methods of erosion control, not suited to the unstable nature of sandy soils on the uplands. The USDA maps do not constitute appropriate land use maps, as neither slope nor actual land use have been considered, making these maps difficult to use even for general land use planning.

An appropriate land use plan is not only an interpretation of soil data, but also includes topography, climatic conditions, socio-economic needs and limitations, socio-cultural limitations in implementing the plans, resource limitations of the land users, ease of transfer of the land use methodology under farmers' conditions (semi-literate), as well as actual land use. The USDA method does not take all these factors into consideration. Therefore, the FAO method as adopted by Sheng (1989), was further adapted by Sharma (1990a) to the bio-physical and socio-economic conditions of the Maribios uplands for sustained production, based on a rapid rural appraisal of socio-economic and cultural conditions, and was used to develop land use maps of some of the important watersheds (nos. 3 and 4) of Region II. This revised method is given in Table 1. The soil, water and forest conservation measures in Table 1 are a general guide, and have been developed in more detail as adapted to farmers' traditional practices, needs and limitations in Part II of this study.

The author's method uses the soil maps/data available in Nicaragua (Nic MAG 1969) and determines the slope ranges for different climatic and soil conditions, superimposing soil depth and actual land use maps on them to arrive at general land use maps. These land use maps are good for general planning purposes only, due to their scale (1:50 000). However, a barely trained extensionist or even a semi-literate farmer can easily use this method to determine whether a farmer's piece of land is suitable for his preferred use or not. This is done by matching various land qualities (reflecting soil characteristics, climatic and topographic conditions) to the requirements of the use a farmer wants to make. As the only soil limitation in the Western Maribios is soil depth and the climate is suitable for most uses, the farmer need to only dig a hole in his farm to find soil depth and determine land slope with an A-frame. Using Table 1, the farmer can decide if his land is suitable for his preferred use or not.

Appropriate on-farm land use depends not only on land capability, but also on the farmers' needs, limi-

tations and an appropriate conservation technology within their reach. Since this varies from farmer to farmer, land holding was used as a criterion for classifying different types of farmers to draw generalized conclusions. The method of rapid rural appraisal (Chambers 1987; Grandstaff and Grandstaff 1987) was used to determine various types of farmers and to establish their needs and limitations in nine rural areas of upland watersheds nos. 3 and 4 (Figs. 2, 3) during October-November, 1989. This method (RRA) permits a quick estimation of generalized, but not specific, conditions. But very specific, information is not needed, as each farmer should himself adjust his land use to his own special needs and limitations. Contour maps, soil maps, slope maps, land capability maps, actual land use maps (1987), interviews with various different type of farmers and field visits were used for compilation of the data.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Appropriate land use

The soils (Entisols/Inceptisols) and the climate of the Maribios are suitable for almost any use that a farmer wants to make of his lands, except for certain important limiting factors that govern land capability. The most important factors determining land capability are land slope and soil depth, as shown in

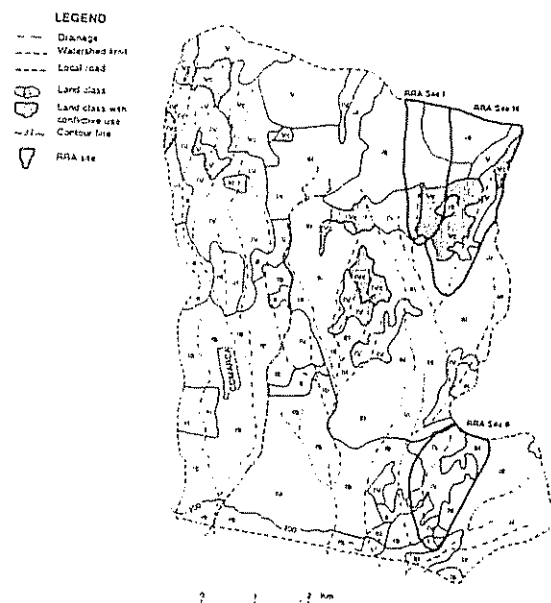


Fig. 2. Indicative appropriate land use map of upland watershed no. 3 in the Western Maribios.

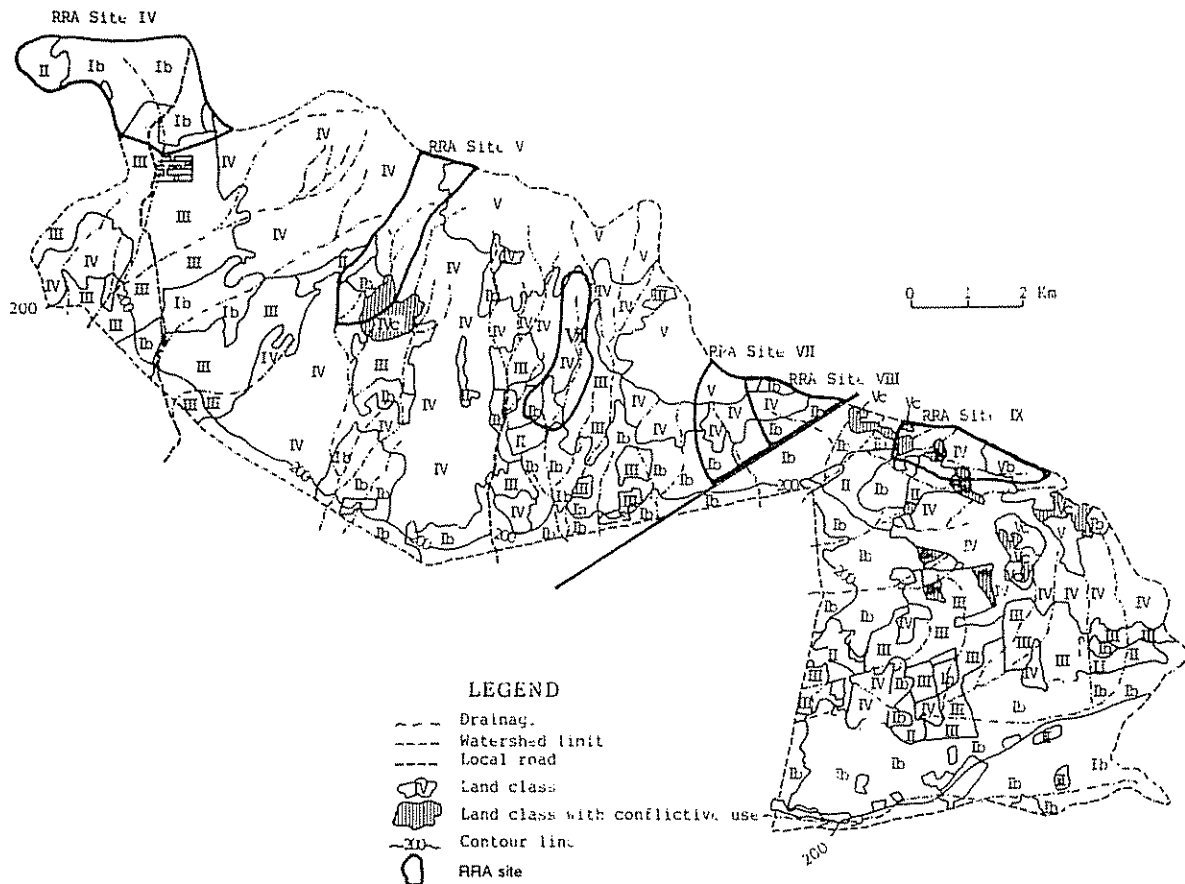


Fig. 3. Indicative appropriate land use map of upland watershed no. 4 in the Western Maribios.

Table 1, for the given climate and soils of the Maribios. Conditions such as stoniness and lava deposits should also be factored in before deciding on land use. Using the adapted land suitability classification criteria given in Table 1 (Sharma 1990a), soil maps, slope maps derived from contour maps by the circle method (1:50 000) and actual land use maps based on the most recent available aerial photographs (1987) were manually superimposed (manual GIS) to arrive at the indicative appropriate general land use maps of upland watersheds nos. 3 and 4. The superimposition is done such that a better or the same land use as recommended in Table 1 is maintained, and any use beyond the land capability is considered conflictive and classified as critical. The general appropriate land use as shown in Table 1 for different land suitability classes assumes appropriate natural resource, conservation technology.

Based on this analysis, Fig. 2 is a map of indicative general appropriate land use with land suitability

classes for upland watershed No. 3. Out of a total area of 5466 ha of the watershed (Table 2), only 1.8% is flat (Class Ia). All the rest (98.2%) of the watershed needs conservation measures, as shown in a general way in Table 1, to remain sustainable under present use or use according to land capability. However, if appropriate conservation techniques are used, almost 89% of the area can continue to be sustainable under present use. A total of 10.7% of this watershed is under conflictive use, hence critical (lower case "c" shows critical land class in Table 2 and Fig. 2). All the critical area under conflictive use is in land classes IV and V, which exceed 25% land slope.

Fig. 3 shows the indicative appropriate land use and land suitability classes of upland watershed no. 4. There are no flat lands in this watershed, hence all of it (total 10 342 ha) needs appropriate conservation measures to remain sustainable under present land use or use according to land capability (Table 2).

Table 2. Areas of various general land use classes in upland watersheds 3 and 4 in the Western Maribios volcanic ranges of Nicaragua.

Land class	Watershed no. 3		Watershed no. 4	
	Area (ha)	(%)	Area (ha)	(%)
Ia	102	1.8	0	0
Ib	1 630	30.4	3 185	30.8
II	155	2.9	350	3.4
III	1 970	36.7	1 690	16.3
IIIc	-	-	70	0.6
IV	755	14.1	3 740	36.2
IVc*	65	1.2	110	1.0
V	510	9.5	1 024	10.0
Vc*	249	4.66	173	1.7
Total	5 436	100	10 342	100

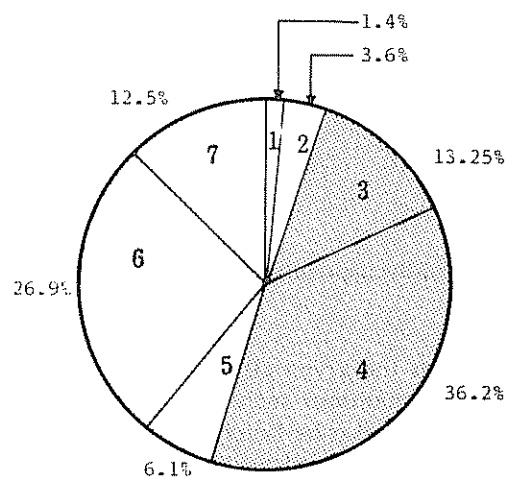
* Lower case "c" shows conflictive (critical) current land use

However, very little area (only 3.3%) is under critical/conflictive use (over 15% land slope), if appropriate conservation measures are used.

Thus, appropriate natural resource conservation technology is needed for farmers. In areas where present land use is in conflict with land capability, change of land use with appropriate conservation measures is needed (Table 1), measures which must continue if changed uses are to be sustained.

Socio-economic diversity of rural areas

When the results of the RRA of the nine rural areas in watersheds 3 and 4 of the Western Maribios (Table 3, Figs. 2, 3) are generalized, the rural areas show a great socio-economic diversity (Fig. 4). Using land holding as a criterion for farmers' socio-economic classification, only about 1.4% of the rural land holders can be classified as large farmers with over 50 ha of land. About 3.6% are medium-sized farmers holding between 7-50 ha of land. Most families (about 50%) are small farmers holding 1.4-7 ha only, of which about 14% are individual farmers, and the rest (36%) are associated with some type of cooperative. The remaining 45% of farmers are practically landless share croppers, except some 6% who own between 0.5-2 ha, as well as doing share cropping. Of this 45%, 27% of the total are share croppers who also work as part time laborers; the rest (12.5%) are purely casual laborers.



LEGEND

- 1= Big farmers holding > 70 maz of land
- 2= Medium farmers holding 10-70 maz of land
- 3= Small independent farmers holding 2-10 maz of land
- 4= Small farmers associated with cooperatives (2-10 maz)
- 5= Share croppers also owning 1-3 maz of land
- 6= Share croppers and casual workers
- 7= Casual workers only

Fig. 4. Different types of farmers based on land holdings in the Western Maribios.

The share croppers generally rented an average of 0.7-3.5 ha of land for about one year, paying rent of some 10% of their produce or an equivalent payment

Table 3. Types of farm families based on the RRA of land holdings in upland watersheds 3 and 4 of the Western Maribios, Nic.

Site (no.)	Village or rural area	Approx. no. of families	Type of farm family						
			Large >50 ha	Medium 7-50 ha	Small		Share cropper and		Casual labor only
					Individual 1.4-7 ha	Cooperative 1.4-7 ha	Small 0.5-2 ha	Casual labor	
1,2	Mekeron/María	300	2	7	61	130	-	100	-
3	El Guanacastal	200	-	3	-	14	-	39	144
4	Cristo Rey	300	-	15	-	200	30	55	-
5	El Panal	80	1	-	54	-	-	25	1
6	Palo de Agua	43	1	7	11	4	-	20	-
7	Jicarito	123	-	-	15	58	20	30	-
8	Santa Clara	24	7	-	-	-	-	17	-
9	Ojochal	84	5	10	12	12	20	25	-
Total		1 154	16	42	153	418	70	311	145
Average		144	2	5.25	19.1	52.25	8.75	38.8	18
Range		24-300	1-7	3-15	12-61	12-200	20-30	17-100	1-144
Total (%)		100	1.4	3.6	13.25	36.2	6.1	26.9	12.5

in labor and cash. Most often, land is rented to relatives, friends or persons trusted by the land owner. Thus, the status of the share croppers is very fragile.

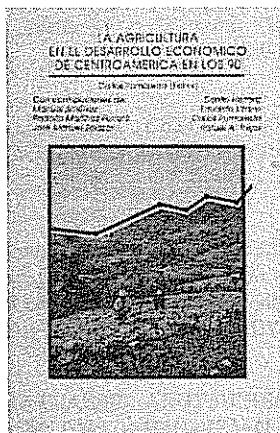
From the above discussion of the socio-economic conditions of the rural areas, it can be concluded that land use and the recommended technological package of natural resources conservation measures for sustaining that land use must be tailored to: (a) the landless and share croppers who represent some 45% of rural-based society, and (b) small farmers who represent about 50% of rural land-holding society. Both groups live at the subsistence level with very meager resources. In Part II of this paper, minimum technological packages, especially for these two groups, are adapted to traditional farming practices to meet basic needs.

LITERATURE CITED

- CHAMBERS, R. 1987. Short-cut methods in social information gathering for rural development projects. In International Conference on Rapid Rural Appraisal (1985). Proceedings. Thailand Khon Khen University p. 33-67.
- GRANDSTAFF, T B ; GRANDSTAFF, S W. 1987. A conceptual basis for methodological development in rapid rural appraisal. In International Conference on Rapid Rural Appraisal (1985). Proceedings. Thailand, Khon Khen University. p. 69-88.
- KLINGEBIEL, A A ; MONTGOMERY, P.H. 1961. Land capability classification. USDA/SCS. Agricultural Handbook no. 210. p. 1-21.
- LUTZ, E ; PAGIOLA, S ; REICHE, C. 1993. Economic and institutional analysis of soil conservation projects in Central America and the Draft Document of The World Bank Caribbean CATIE/World Bank Project. p. 14.
- NIC. MINISTERIO DE AGRICULTURA. DEPARTAMENTO DE SUELOS Y DASONOMIA. 1969. Mapa de suelos y capacidad de suelos.
- NIC. MINISTERIO DE AGRICULTURA. DEPARTAMENTO DE SUELOS Y DASONOMIA. 1971. Catastro e inventario de recursos naturales: Manual práctico para interpretación de los mapas de suelos, Managua DN. 7. p. 10-14.
- NIC. MINISTERIO DE DESARROLLO Y REFORMA AGRARIA. DGTA. DIRECCIÓN DE SUELOS Y AGUAS. 1983. Identificación y delimitación de las

- zonas de máxima protección contra la erosión en la planicie León-Chinandega 43 p
- RAPIDEL, B.; RODRIGUEZ, J.R. 1990. Zonificación agrometeorológica de las lluvias en Nicaragua. DGTA/MAG, CATIE/CIRAD/ ORSTOM, Programa Nacional de Agrometeorología 24 p
- SHARMA, P.N. 1990a. Report of consultancy in soil conservation and agro-forestry. FAO Project GCP/NIC/019/NET. 72 p
- SHARMA, P.N. 1990b. Manual on soil conservation by agro-forestry methods for the uplands of the Western Maribios Mountains of Nicaragua. Rome, FAO (UN), Project GCP/NIC/019/NET. 104 p.
- SHENG, T.C. 1989. Soil conservation for small farmers in the humid tropics. FAO Soils Bulletin no. 60. p. 97-99.
- TOSI, J.A. 1985. Sistema para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José, C.R., Centro Científico Tropical p. 1-5.

LIBRO RECOMENDADO



La Agricultura en el Desarrollo Económico de Centroamérica en los 90. IICA. C. Pomareda (Ed.). 1992. 202 p. ISBN 92-9039-203 7.

Este libro compendia diversos trabajos realizados por destacados profesionales de las ciencias agrícolas, y constituye una valiosa contribución técnica a los esfuerzos de los países centroamericanos por lograr la consolidación de un modelo de desarrollo en el contexto internacional. Dichos trabajos tratan temas de gran interés socio-político y económico, tales como las relaciones intersectoriales en la agricultura, los elementos básicos de una estrategia de modernización agroindustrial y el comercio intrarregional de productos agropecuarios.

US\$10.00

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

Natural Resource Conservation with Peoples' Participation in the Uplands of the Maribios Volcanic Ranges of Nicaragua.

II. Adaptation of Conservation Technology to Farmers¹

P.N. Sharma*

ABSTRACT

A study of traditional farming practices was made by the rapid rural appraisal method in upland watersheds of the Maribios of Nicaragua in an effort to adapt land use management and other conservation techniques to farmers' basic needs and constraints. The adapted technology was designed to keep present land use (or use according to land capability) sustainable for two distinct groups of farmers: landless/share-croppers and small farmers. *Cajanus cajan* (pigeon pea) contour alleys/hedge rows, with bases knitted by pruned branches as porous barriers, are recommended for the landless and share croppers, and a similar procedure with any local leguminous tree for small farmers. Additional land use management techniques such as double cropping, local crop rotations, mulching and minimum tillage by traditional hoe, fertilizer control, and income generating activities are recommended for both groups. Community (for landless/share croppers) or individual (for small farmers) cisterns for drinking water will need subsidies and/or incentives for seepage control material. Revegetation and modifying the farmers' traditional practice of brushwood check dams, properly repaired after heavy rains in the first year, can control most on-farm gullies. However, landless/share cropper participation, without compensation by the land owner or by externally funded programs, cannot be expected. The adapted technology package can be adopted gradually by farmers, although full benefits can be obtained only with full adoption. The package is relatively inexpensive, except for added labor, estimates of which are provided.

Key words: Traditional farming systems, rapid rural appraisal, land use systems management, agro-forestry, sustainable agricultural and forestry systems.

RESUMEN

Con el método del reconocimiento rápido de áreas rurales, se estudiaron las prácticas agrícolas tradicionales en la cuenca alta de los Maribios en Nicaragua, para adaptar técnicas conocidas de manejo y uso de la tierra —así como otras prácticas conservacionistas— a las necesidades básicas de los agricultores en el marco de sus limitaciones. Se diseñó la tecnología adaptada para mantener el uso actual de la tierra o ajustarlo a su capacidad de uso sostenible por dos grupos diferentes de agricultores: los productores pequeños y arrendatarios sin tierra. Se recomienda para los arrendatarios sin tierra el cultivo en callejones de cercas vivas en contorno de gandul (*C. cajan*) con ramas cortadas para tejer las bases como barreras porosas. Se sugiere también esta práctica a los pequeños productores, pero con cualquier árbol leguminoso. Se recomienda, así mismo, la aplicación por parte de ambos grupos de técnicas adicionales de manejo de uso de la tierra, que incluyen dos cultivos por año, rotación de cultivos tradicionales, uso del "mulch" (mantillo) y labranza mínima con el azadón tradicional, control en el uso de fertilizantes y actividades generadoras de ingreso. Las cisternas de agua potable comunitarias para los arrendatarios sin tierra o individuales y los pequeños productores necesitan ser subsidiadas e incentivadas con materiales para el control de la percolación. La regeneración vegetal y modificación de la práctica tradicional de barreras con ramas y palos, reparadas apropiadamente después de las lluvias en el primer año, pueden controlar las cárcavas en las fincas. Sin embargo, la participación de los arrendatarios sin tierra supone la compensación de parte del dueño de la tierra o de programas externos de financiamiento. El paquete tecnológico adaptado puede ser aprobado paso a paso por los productores, aunque la totalidad de los beneficios sólo puede alcanzarse con una adopción completa. El paquete no tiene un alto costo, excepto por la mano de obra adicional, cuya estimación se proporciona en este artículo.

INTRODUCTION

The analysis of appropriate land use and social diversity in the rural upland watersheds of the Western Maribios volcanic ranges was presented in Part I, which concluded that most of the watersheds (especially 3 and 4) could remain sustainable under present use or use according to land

¹ Received for publication December 20, 1993.

This work was carried out as a part of the FAO(UN)/IRENA, Project GC/NIC/019/NET at Leon in Nicaragua, for which the author is very grateful.

* Professor (Land Use), RENARM/Watershed Project, Integrated Natural Resources Management Program, 37 CATIE, 7170 Turrialba, C.R.

capability, if they are appropriately managed through soil, water and forest conservation measures.

Part II presents result of a study conducted in 1989-1990 in the same two upland watersheds; it addresses the adaptation of land use management and other natural resource conservation techniques to farmers' traditional farming practices, so as to meet their needs within current limitations and to maintain sustainability under present land use or in use according to land capability. This will help farmers to easily adopt the technology, facilitating their participation. Land classes appropriate for pasture, forestry and protected areas are not discussed.

METHODOLOGY

The rapid rural appraisal (RRA) method was used (Chambers 1987) to study and adapt the traditional practices of the upland Maribios farmers (Chambers *et al.* 1989). RRA was conducted in nine rural areas of two upland watersheds (total area 15) (800 ha). Locations of these RRA sites were given in Part I. The sites were selected so that each one represents an independent upstream microwatershed, each has a group of farmers (rather than a single farmer), so that there is a social interaction between them, and the sites represent surrounding rural areas with different land use classes.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Traditional farming practices

Based on the RRA results, an analysis of important traditional farming practices was made with a view to adapting conservation technology to them (University of East Anglia 1991).

Traditional cropping systems

Table 1 shows the cropping systems practiced in the Maribios uplands. In general, farmers grow an annual crop of basic grains (maize, sorghum and red bean), as well as some cotton and sesame, which are export crops generally grown in the lowlands. Relay crops of maize and beans and a maize-sorghum-bean rotation are also used, though less frequently.

It can be concluded that: (a) farmers need basic crops of maize, sorghum and beans, and (b) methods of relay cropping, intercropping and crop rotation between cereals and legumes are also used by farmers less frequently (three of nine sites in Table 1) and sometimes wrongly (relay crops of two cereals, maize and sorghum, in three out of nine RRA sites in Table 1). However, appropriate crop rotations, which improve soil fertility, can be introduced with little difficulty, as the rural farming community is aware of their potential.

Table 1. Traditional cropping systems of the uplands of the Maribios, Nic.

Site (no.)	Maize	Annual crops Beans	Sorghum	Cotton	Sesame	Relay maize- sorghum	Inter- cropping maize- beans	Rotation maize- sorghum beans	Upland rice
1,2	X	X	X	X		X	X		
3 ¹	X	X							
3 ²	X	X	X						
4						X	X	X	
5						X	X		
6	X	X			X				X
7	X	X	X						
8	X	X							
9	X	X	X	X					

1 Individual small farmers and share croppers

2 Collective members of cooperative

Traditional tillage systems

Detailed data on traditional land preparation and tillage systems for various crops are given in Table 2. Slashing and uncontrolled or controlled burning are common methods of land clearing before the rainy period. These are followed by three or four plowings by bullock-drawn plow for a maize or sorghum crop, or two or three plowings for planting red/white beans. Plowing is again done for weed control in all type of crops three to four weeks after crop germination. Overuse of herbicides is common among farmers in cooperatives, who get loans from banks for herbicide/pesticide/fertilizer use.

A traditional bullock-drawn hoe (*banca*) is used one or two times more in cereals for weed control. For beans, later weeding is done by spade, as vegetative growth covers almost all the planted ground in a month, making the hoe impractical for use among the bean rows. Most soils of the Maribios are sandy or sandy loam, and do not need plowing for creating a good tilth, as they automatically attain it rain. It is concluded that farmers practice very heavy tillage before crop planting, mainly for weed control. Introduction of minimum tillage using the traditional bullock-drawn hoe in place of plowing (the hoe, with

its blunt blade, does not disturb the soil), and weed/crop residue mulching rather than burning, can potentially liberate manpower, control weeds, and conserve soil and water.

Fertilizer use in traditional cropping systems

Table 3 describes quantities of various fertilizers applied at several growth stages of different crops grown in the uplands. On an average, farmers use up to 125 kg/ha of composite fertilizer (10:10:10) and 285 kg/ha of urea (46:0:0) to grow maize and sorghum. For beans, 110 kg/ha of composite and up to 120 kg/ha of urea is used.

While the farmers may be using composite fertilizer only to compensate for the lack of phosphorus (all volcanic soils are phosphorous-deficient), any use of urea is definitely unnecessary. The traditional varieties of maize (NV 6), sorghum and beans do not have the genetic potential to respond to such high quantities of nitrogen fertilizer.

Soil and water conservation in traditional farming

Table 4 shows how farmers in the uplands perceive and try to control the problem of soil erosion.

Table 2 Traditional tillage systems in the uplands of the Maribios, Nic.

Site (no.)	Land clearing	Times plowing for planting				Times weeding within crop by									
		Maize/sorghum	Beans	Sesame	Rice	Maize	Plowing Sorghum	Beans	Sesame	Hoe (banca) Rice	Spade Maize/sorghum sesame	Beans	Beans	Rice	
1,2	Slash+ uncontrolled burn	3	1			1	1							1	
3	-do-	2	2			1,H ¹	1,H	H				2,H	2,H	1,H	
4	-do-	2	2									2	1		
5	Slash+ controlled burn	3	4			1						1		1	
6	-do-	3	3			1						1		1	
7	-do-	3-4	3		3	1	3-4			1		1		1	
8	-do-	3+1 ²				1						2		1	
9	-do-	3	3									2		1	
	Average range	3.5 2-4	2.75 1-4		3 3	1 1	2 3-4			1 1		1-4 1-2	1-5 1-2	1 1	1 1

1 Post-planting use of herbicides (H) is common in farmers associated with cooperatives.

2 With brush-wood, behind a pair of bullocks

Table 3. Fertilizer use in traditional cropping systems in the Maribios, Nic.

Site (no.)	Fertilizer application			Fertilizer quantity (kg/ha)					Weed incorporation (no. of times)
	Type	Method	Crop stage	Maize or + sorghum	Beans	Cotton	Sesame	Rice	
1,2 ¹	C	I	S	130	130	195			
	U	I	V(I)	130	130	130			
	U	T	F	130-195	0-195	-			
	S	I	V(II)	-	-	130			
3(a) (Inov)	C	I	S	130	65	-			
	U	I	V	260	260				
3(b) (Coop)	C	I	S	130	130				
	U	I	V(I)	97	130				
	U	T	V(II)	97	-				
4	U	T	F	97	-				
	C	I	S	130	65				
	U	I	V	130	65				
5	U	T	F	130	65				
	C	I	S	130	130				
	U	I	V(I)	130	32.5				2
6 ²	U	I	V(II)	65	-				
	U	I	F	65	-				
	C	I	S	97	97		97		1
7	U	I	V(I)	97	-		97		
	U	T	V(II) or F	65-97	-		-		
	C	I	S	130	130	130		130	
8 ¹	U	I	V	130	-	130		130	
	U	I	F	130	-	130		130	
	C	I	S	130	65-130				
9	U	T	F	260	35-65				
	C	I	S	130	130	130			
	U	I	V(I)	65	-	-			
Average	U	I	V(II)	65	-	-			
	U	T	F	65	-	-			
	S	I	V(II)	-	-	-	97	130	
Range	U	I	V(I)	144	68	86	97	130	
	U	I	V(II)	36	-	0	0	-	
	U	T	F	104	4-50	43	-	130	
	S	I	V(II)	-	-	-	-	-	
	C	I	S	97-130	65-130	130-195	97	130	
Range	U	I	V(I)	65-260	0-130	0-130	97	130	
	U	I	V(II)	0-197	-	0	-	-	
	U	T	F	130-195	0-195	0-130	-	130	
	S	I	V(II)	-	-	-	-	-	

1 Gramoxone herbicide used 30 days after planting.

2 Does not use herbicide, as farmers think it destroys land.

C = complete = 10:10:10

I = basal incorporated

S = sulphate

U = urea = 46:0:0

T = top dressing

V = veget stage (I, II)

S = sulphate

F = flowering stage

Table 4. Traditional system of soil/water management in Maribios, Nic.

Site (no.)	Land class	State of erosion	Soil texture	Farm of plowing		Mechanical measures of soil conservation	Gulley control
				on contour	up & down slope		
1,2	Ib	High	Sandy Loam	-	Yes	Channel terraces ¹ in good condition	No
3	II	Severe	Sandy	-	Yes	-	Weed stalk placement up & down gully
4	III	Severe	Sandy	Yes	-	-	-do-
	II	High	Sandy Loam	I plowing	All except first	-	No
5	III	High	Sandy lava		Yes	-	No
6	Ib	High	Sandy	I plowing	All except first	-	Weed stalk placement up & down gully
7	Ib,II	High	Sandy and sandy Loam	Yes	-	Channel terraces ¹ in good condition	No
8	Ib,II	High	-do-	-	Yes	-do-	Weed stalk placement up & down gully
9	Ia,Ib	Normal	Sandy	I plowing	All except first	-	No

¹ Found only with medium and large scale farmers.

In general, there is an awareness that plowing up and down the slopes creates soil erosion. For this reason, in six of the nine RRA sites, at least the first plowing is done perpendicular to the slope. The rest of the plowing is still done up and down the slope to give cross plowing to the soil. Farmers are aware of the problem of gullies, and put thicker stalks of unburned weeds into them. However, since they are put all along the gully length, the unburnt stalks do not help control erosion. It is concluded that farmer awareness and efforts in contour plowing and brush/stalk check dams can be easily modified to more correct methods of soil and water conservation.

Live fencing to control animal entry into farming areas and planting of trees on farm boundaries is also practiced by some farmers; this practice can be further improved to produce fuelwood for farm families.

Traditional tools and implements

Table 5 is an assessment of tools and implements available to the farmers.

Most often, these tools consist of only a "machete", one bullock-drawn plow, one small or large bullock-drawn hoe (*banca*) and a spade or shovel. Most soil/water conservation and agro-forestry works must be achieved with these tools only. It should be noted that almost all farmers have a small or large bullock-drawn hoe, the main implement used for weed control. Since the blunt blade does not enter the soil but knocks out the weeds along the soil surface, it is an ideal implement for minimum tillage.

Crop yields in traditional farming systems

Given the above inputs, crop yields in general are low, even though the fertilizer use is quite high.

Table 5. Traditional implements in the uplands of the Maribios, Nic.

Site No.	Pair of bullocks (per family)	Type of implement (approx.) (per family)						
		Machete	Plow	Cultivator	Hoe (banca) small	Hoe (banca) big	Spade/Shovel	Bullock cart
1,2	1	1	1	0	1	0	1	0-1
3	0-1	1	0.5-1	1	0	0	1	0-1
4	1	1	1	1	1	1	0	0-1
5	2	1	1	0	0	1	1	0-1
6	1-2	1	1-2	0	1	0	1	0-1
7	1	1	1	0	1	1	1	0-1
8	0-1	1	1	0	0	1	1	0-1
9	0-1	1	1	0	1	0	1	0-1
Average	0-1.1	1	0.5-1	0.25	0.6	0.5	0.9	0.25
Range	0-2	1	0.5-2	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1

Table 6 shows that maize yields are about 1670-2090 kg/ha on an average. Sorghum yields (in relay) are only 460-1460 kg/ha, and red bean yields vary from 560-950 kg/ha.

Yields are relatively low compared to crop genetic potential due to lack of appropriate crop management, water and soil conservation measures and other agronomic inputs such as correct rates and dates of planting, as well as misuse of herbicides/fertilizers or weeding problems.

Status of fuelwood use in traditional farming systems

Table 7 is an estimate of current fuelwood exploitation by rural families. On average, about 10-

35 m²/year of fuelwood is consumed by a rural family consisting of six to 18 family members. In addition, over 50 m²/year of fuelwood is sold by rural-based families in 45% of the rural areas. Thus, in addition to rain-fed agriculture, fuelwood is one of the important means of survival for small farmers, the landless and share croppers. Quite often, most cash income comes from fuelwood sales.

It can be concluded that agro-forestry methods of soil and water conservation should be used rather than mechanical methods or grass hedge rows. Mechanical methods are not suitable in these uplands due to the unstable nature of the soils, and the grass hedge rows do not meet any basic needs. In addition to yielding fuelwood, the agro-forestry methods also

Table 6. Crop productivity under traditional farming systems in the uplands of the Maribios, Nic.

Site (no.)	Crop productivity (kg/ha)					
	Maize	Relay sorghum	Red beans	Cotton	Upland rice	Sesame
1,2	2 070		2 070	1 625		
3	1 950-2 500		650-1 750			
4	1 800-3 000		650-900			
5	2 275		650			
6	1 950	1 500-1 950	450			650
7	1 950-2 600	1 300	975	1 625	1 950-3 250	
8	1 050	500-1 950	450		650	
9	975-1 300	400-650	400-450			
Average	1 670-2 090	460-1 460	560-960	1 625	1 950	650
Range	975-2 600	400-1 950	400-1 750	1 625	650-3 250	650

Table 7. Present status of fuelwood use (approximate) in the uplands of the Maribios, Nic.

Site (no.)	Fuelwood use per family, (m ³ /year)		Price (US\$7m ³) (esterio)	Source of fuelwood	Time and method of fuelwood collection
	for family consumption (esterio)	for selling in market (esterio)			
1,2	12 ²	-	-	Private forest/ pasture lands	monthly manually
3	50 ³	50	4.28	Government and community forest	weekly manually
4	10 ² -15 ³		4.28	-do-	-do-
5	70 ³	70	4.28	Private and community forest/ pasture lands	-do-
6	15 ³	7	4.28	Government community forest	annual manually,
7	12 ² -28 ³	-	-	-do-	semi-annual manually
8	6 ²	-	-	Private/ community forest	annual, manually
9	8.5 ²	80	16.00 (house-to- house sale)	Bought from private forests	weekly, manually
Average	9.7 ² -35.6 ³	51.75			
Range	8.5 ² -70 ³	7-80	4-16		

1 Exchange rate (Nov. 1989) IUS\$ = Cordoba 25 000.

2 For a family of 6-7 members

3 For a family of 15-18 members

help restore soil fertility if appropriate nitrogen-fixing trees (NFTs) are used.

However, not all agro-forestry and forestry systems conserve soil and water (Hamilton 1986; Nair 1986). Only those agro-forestry systems incorporating cover (mulch) and barrier effects can do so (Young 1991). Hence, alley/hedge row cropping with bases knitted by pruned branches that form a barrier should be used. Only those barriers planted by direct seeding should be selected, as all others kinds have very high labor requirements. This tech-

nique, called sloping agricultural land technology (SALT), has been successfully used in the Philippines (Celestino 1984) and Honduras (Sharma 1993) to make terraces as a low-cost alternative to mechanical construction of bench terraces. It is now being propagated in Nicaragua by a FAO/IRENA project in the Maribios (Sharma 1990b).

Further, the majority of share croppers and landless casual laborers earn their living by working on occasional short-term jobs. The opportunities for such employment are limited outside the agriculture

sector. It can thus be concluded that adapted land use management and conservation technology should not only have the potential to help in sustained crop and fuel wood production, but also generate additional rural-based employment for the landless and share croppers.

Farmers' needs and limitations

The basic needs of the majority of farmers are food, fuelwood, drinking water, and minimum cash for other needs, which can be produced in the form of fruit trees, cash crops and animals, among other activities.

But there are many other needs which affect the quality of rural life. All such needs should be considered in any rural development program. However, this paper is limited to appropriate land use management and conservation technology to sustain land use and meeting basic needs. These needs can be met by small farmers and the landless/share croppers if the following requirements are met:

- Technology management must be based on farmers' traditional practices and be easily adopted by them, thus facilitating their participation.
- It must be low in cost, as share croppers and small farmers are subsistence farmers. Thus, appropriate management of land use itself becomes the most important ingredient in natural resource conservation, as it is the cheapest alternative. It is also the most neglected aspect in resource conservation (Sanders 1990), while millions are spent on costly, often impractical, technology around the world.
- For share-cropped lands, it must give immediate and direct benefits within a year, as such lands are often available to share croppers for only a year.
- For small farmers with title to their land, it must give immediate as well as medium- and long-term direct benefits.
- The labor requirements for technology implementation should be low, as only family labor can be expected to be used.

Based on the above requirements and the basic needs of the farmers, appropriate packages of tech-

niques as adapted to traditional farming practices for sustaining preferred land use were developed (Sharma 1990a, 1990b). In the following discussion, pasture (class III), forestry (class IV) and protected lands (class V) are given less emphasis.

Conservation technology adaptation

Technology adaptation for easier acceptability (Chambers *et al.* 1989) is advisable for two types of farmers: (a) the landless and share croppers, and (b) small farmers; who have different land resources available to them (see Part I) and whose limitations impose different constraints on the technology. Table 8 lists various components of land use management and conservation technology for these two types of farmers, described below in detail.

Agro-forestry methods for sustained production by soil conservation and soil fertility improvement

Trees like *Leucaena leucocephala*, *Acacia mangium*, *Gliricidia sepium* and *Cajanus cajan* can conserve soil, improve soil fertility, act as wind-breaks, and provide fuelwood. They can also be planted directly by seeds or stakes, so need little extra labor. These trees are well-adapted to the local Maribios conditions. However, they need to be properly planted and managed to reap full benefits. When these trees are planted along contours in double rows at suitable distances, as in alley cropping (0.3 x 0.3 x 6 m) or as hedge rows (0.05 x 1 x 3-4 m), depending on land class (Table 1 in Part I), and their bases are knitted with pruned branches, they function as continuous porous barriers across slopes, conserving soil and water (Celestino 1984; Young 1991). The extra runoff flows overland, thus not requiring any extra drainage work. Trees must be pruned annually at suitable heights for fuelwood, while branches are used for knitting the base, and the green material is applied as mulch on the alleys for soil fertility improvement.

For the landless and share croppers, alley cropping/hedge row barriers of *C. cajan* are more suitable, as they can be seeded directly and are harvested annually for seeds and fuelwood. An added advantage is that *C. cajan* provides much less competition with crops for water when compared to other trees (ICRISAT 1989), thus making up an ideal agro-forestry system for the areas with irregular rains in

Table 8. Components of conservation technology adapted to traditional farming practices for different types of farmers.

I. For landless and share croppers

Time limitation:	one year
Economic limitation:	technology to be very low cost with direct benefits within a year
Land class limitation:	Ib, II, III

Adapted package of technology:

- Alley/hedge rows of pigeon pea on contour with bases knitted by pruned branches
- Mulching and minimum tillage by traditional hoe
- Double cropping according to climate and local crop rotations
- Community cisterns and woodlots
- Propagation of home gardens, animals, cash crops
- For gully control by revegetation, land owners participation is necessary

II. For small farmers

Economic limitation:	Technology to be low cost, with short as well as long-term direct benefits
Land class limitation:	Ib, II, III

Adapted package of technology:

- Alley/hedge rows of any chosen NFTs on contour with bases knitted by pruned branches
- Mulching and minimum tillage by traditional hoe
- Fertilizer control
- Double cropping according to climate and local crop rotations
- Live fencing
- Individual cisterns/woodlots/fruit gardens
- Propagation of animals, cash crops
- Gully control by revegetation and well-maintained brushwood check dams (on-farm level)

the Maribios. This reduces risks for the share croppers.

The small farmers can choose any of the locally adapted nitrogen-fixing tree (NFTs) for agro-forestry (CATIE 1986), which can be directly planted by seeds or stakes to reduce labor cost. The same trees can also be chosen for live fencing or fuelwood lots. In the latter case, and for fruit tree gardens, live grass hedge rows can be used for initial soil conservation, while cover crops or pasture can be established by the second year.

Agricultural land use management

The following land use management components of conservation technology do not represent any significant additional costs to any types of farmers. At the same time, they give direct, immediate benefits

beginning in the first crop season, while also conserving soil and water and building soil fertility.

Mulching and minimum tillage by traditional hoe (*banca*)

Soil surface cover is the most important defense against erosion on sloping lands (Nair 1986). Mulching with weed cover, crop residue or tree material, rather than slash and burn, is thus important (Lal 1989). However, mulching density should not exceed 60-70% to avoid creation of habitats for pests and diseases. Mulching along with minimum tillage by the traditional hoe within the agro-forestry system becomes an essential part of land use management (Young 1991). While one plowing for weed control and another for planting may be necessary in first one or two years, after the second year only a single plowing for planting in the mulch will be needed, as

by the third year the mulch itself will control weeds and the hoe will be sufficient to knock out the remaining weeds before crop planting as well as during growth. Weeding in beans will be continued to be done by spade after three to four weeks of crop growth, as is done by the farmer traditionally. Care should be taken not to leave thick weed or crop stalks on the ground, as they will hinder in cultural operations by the hoe.

Crop planning and crop rotation

Most farmers only harvest one annual crop of maize, sorghum or beans due to lack of appropriate crop planning in accordance with the twice-a-year rainfall distribution in the Maribios zone (Part I).

In areas with an irregular first rainy period, such as Leon and El Suece, farmers who traditionally harvest one annual crop in the second, more certain rainy period only should follow any of their chosen cereal crop with a leguminous crop such as red/white beans, cow pea or ground nut in the second year. However, two crops can also be harvested in such areas. Short-duration, drought-resistant crops of sorghum, maize or sesame in the first rainy period, followed by red/white beans, cow pea or ground nut in the second rainy period in the same year, will help restore fertility as well as increase income and better protect the soils with by their cover.

In areas which receive regular rains all through the year (e.g., around Chinandega), any combination of double cropping of maize, sorghum or sesame, followed by any of the leguminous crops of red/white beans, cow pea or ground nut, or their inter-cropping, or relay cropping, can be done. A third crop can also be taken toward the latter half of the second period. Even if a dry period does occur between the rainy periods, stored soil moisture should be sufficient to carry over the crops to the second humid period.

Fertilizer use and control

Excessive use of fertilizer in the Maribios has been encouraged by easy access to subsidies and bank loans for fertilizers. If correct land use management and agro-forestry methods of soil fertility maintenance are used, little or no fertilizer need be used, as volcanic soils are generally fertile. Any use of chemical fertilizers should be based on soil ferti-

ty tests, which the banks should subsidize to assure correct quantities and timing of fertilizer use, before investing in same. Fertilizer misuse can be avoided when high-yielding varieties, proven responsive to fertilizers, begin becoming available.

Other income-generating activities

Introduction of better breeds of animals, cash crops, live-fencing, fruit trees as home gardens for share croppers, community woodlots for share croppers, individual fruit gardens/woodlots for small farmers and any other rural income-generating activities will help farmers' participation in natural resource conservation by giving direct income to them.

Cisterns for drinking water

There is a general lack of drinking water in rural areas and on-farm. Water tables in the Maribios are often deeper than 100 m, making tube or open wells extremely costly. Hence, rainwater harvesting from cisterns is the only way of providing drinking water on the spot (Silva *et al.* 1984). A water-harvesting strip of 11 x 4.5 m laid on a gentle slope of < 1%, embedded with 900 plastic covered by soil, can produce up to 50 m³ of water in a cistern. A cistern tank of 25 m³ is sufficient to meet a family's minimum annual water needs. Since water would be harvested over the May-November period, the 25 m³ tank capacity represents more than double the amount of rainfall effectively received. The most important problem is seepage control. A 900 plastic covered by 5 cm of concrete (1:3:5) reinforced by 1.5 x 1.5 cm chicken wire mesh or 10 cm of concrete are practical methods of sealing the cistern tanks (USDA 1969a).

The share croppers can make the cisterns jointly (among two or three families) while small farmers can make them individually. The major cost is for seepage control materials. Since these materials are expensive, a subsidy will be required as an incentive, both for the landless and share croppers as well as for small farmers. However, if the incentive is provided, it will potentially not only solve the drinking water problem, but also make peoples' participation in other components of the technology easier.

Gully control

Gullies are a symptom of improper land use over a long period of time, and can be prevented if the land

is appropriately used in the entire watershed. Since gullies have already formed in the Maribios, the most economical and effective gully control is by natural regeneration of its local vegetation or by closely planting fast-growing, deep-rooted spreading grasses, vine, shrubs, bushes or trees (USDA 1969b). These also provides good grazing after a few years of establishment. To aid natural regeneration, diversion of runoff from the gully and sloping of banks (1:1) should be done.

All gullies can be reclothed with vegetation by this method, provided they are properly protected from outside runoff, animals and fire. Since the whole natural process takes a few years, the opportunity to provide protective cover by this method is frequently overlooked, and unnecessary expenditures are made for temporary structures. However, shaver participation cannot be expected (unless compensated for labor), as he receives no direct benefits within a year. These works need to be done by the land owner.

Often, considerable obstacles to natural revegetation, particularly in the sterile gully beds, may be encountered. To provide good seed bed conditions, live hedge rows of higher-growing grasses or fast-growing trees (for gullies with a < 20 ha watershed), or temporary structures (for gullies with a < 100 ha watershed) such as brushwood check dams, correctly modified from the farmers' practice of throwing crop/weed stalks in the gully, become necessary as an aid to establishment of vegetation. The areas above hedge rows or temporary structures collect eroded soil, which provides a good seed bed. However, most types of temporary structures (brushwood, loose-rock or woven wire loose-rock check dams) have short lives (4-5 years), and they will not serve a good purpose unless appropriate vegetation is established above and around them within the life of the structure.

Also, if left unattended during the first year, only 10-20% of the temporary structures remain functional. Periodic check-ups by the farmer after each heavy rain, and subsequent repairs as needed, are essential in the first year. That way, most on-farm gullies can be controlled at not cost beyond labor. Gullies with bigger watersheds need appropriate hydraulic structures. These are not affordable for small farmers, thus need separately funded programs.

Table 9. Estimated manpower requirements for different activities (based on 75% labor efficiency).

Activity	Manpower requirements
1. Direct manual tree seeding for agro-forestry	4-5 man days/ha
2. Direct tree seeding by bullock- drawn plow for agro-forestry	2-4 man days/ha
3. Nursery	70 man days/ha
4. Alley cropping	150 man days/ha
5. Knitting of agro-forestry trees at bases for soil conservation	5-10 man days/ha
6. Cistern, cost of material/unit	US\$ 75-100
7. Cistern construction/unit	15-20 man days
8. Brush-wood check dams/unit	0.25-0.5 man days

All of the above are components of an adapted conservation technology package. They may be adopted by farmers step by step. However, full benefits of the technology are obtained only after full adoption. Some components require added manpower or costs over and above the normal activities of a farmer. An estimate of these manpower requirements is given in Table 9 (Sharma 1990b).

Participation of farmers

The adoption of conservation technology by farmers is an element designed into the technology through its adaptation to local conditions. For easier extension, to offset any added manpower or costs, and for helping update traditional concepts, appropriate incentives are necessary. They are justified by the down-stream benefits resulting from farmer actions after adoption of the technology.

CONCLUSIONS

Farmers' basic needs for food, fuelwood, water and minimum cash can be met by known land use management and other conservation techniques as adapted to their traditional practices. Knowledge of crop rotation, relay and inter-cropping, and awareness of soil conservation exists among upland Maribios farmers. In place of land preparation by heavy tillage, mulch cover with minimum tillage using the farmers' traditional bullock-drawn hoe, within appropriately managed agro-forestry systems

of alley or hedge row crops with their bases knitted by pruned tree branches, as porous barriers along the contour, will conserve soil and water, improve fertility, reduce labor requirements, produce fuelwood and reduce or eliminate the need for fertilizers for presently available crop varieties. Pigeon-pea-based agro-forestry systems (with bases knitted) are suited to the landless or share croppers, as they give immediate, direct benefits to these farmers in the very first year. Improved breeds of animals, cash crops, community fuel woodlots and community cisterns are recommended for the landless and share croppers for income generation and drinking water, and the same at the individual level for small farmers.

This adapted conservation package does not represent contain excessive additional labor or extra cost, except for seepage control in cisterns and plantation activities for nurseries. An estimate of added manpower requirements has been provided. Part III (of this paper) addresses the question of incentives for peoples' participation.

LITERATURE CITED

- CATIE (CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA) 1986 *Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central: Resultados de 5 años de investigación Turrialba, C.R., Project Leña y Fuentes Alternativas de Energía CATIE-ROCAP 596-0089; Project Cultivos de Árboles de Uso Múltiple CATIE-ROCAP 596-0117* p 39-209
- CELESTINO, A F. 1984. Establishment of ipil-ipil hedge rows for soil conservation and degradation control in hilly lands. Los Baños, University of Philippines FSSRI/UPLB-CA monograph.
- CHAMBERS, R 1987 Short cut methods in social information gathering for rural development projects. In International Conference on Rapid Rural Appraisal (1985). Proceedings. Thailand, Khon Khen University. p. 33-77.
- CHAMBERS, R.; PACEY, A.; THRUPP, L. A. 1989. Farmer first: Farmer innovation and agriculture research. Intermediate Technology Publications (U.K.). p 43-51.
- HAMILTON, L S. 1986. Towards clarifying the appropriate mandate in forestry for watershed rehabilitation and management. In *Strategies, approaches and systems in integrated watershed management*. Rome, FAO Conservation Guide no 14. p 33-51
- ICRISAT (INTERNATIONAL CROP RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS). 1989. Annual report. A.P., India, ICRISAT Patancheru 502324 p 223-226
- LAL, R 1989 Conservation tillage for sustainable agriculture: Tropics versus temperate environment. *Advances in Agronomy* 42:85-197.
- NAIR, P.K.R. 1986. The role of trees in soil productivity and protection. In *Agro-forestry systems in the tropics*. Dordrech, Netherlands, K A Publishers.
- SANDERS, D W. 1990. New strategies for soil conservation. *Journal of Soil and Water Conservation* 45(5):511-516
- SHARMA, P.N. 1990a. Report of consultancy in soil conservation and agro-forestry. FAO Project GCP/NIC/019/NET. 72 p.
- SHARMA, P.N. 1990b. Manual on soil conservation by agro-forestry methods for the uplands of the western Maribios Mountains of Nicaragua. Rome, FAO(UN) Project GCP/NIC/019/NET. 104 p.
- SHARMA, P.N. 1993. Sistemas agroforestales para la rehabilitación de cuencas altas de Honduras tropical. CATIE, CAME, Proyecto RENARM-CUENCAS. 28 p.
- SILVA, A S.; PORTA, E.R.; LIMA, L.T.; GOMES, P.C.S. 1984. Costernas rurales: Captación e conservación de chuva para consumo humano. Petrolina, Bra., EMBRAPA/CPATSA/SUDENE. 80 p.
- UNIVERSITY OF EAST ANGLIA. 1991. Design of an agenda for research on land degradation: A report to The World Bank. School of Development Studies 105 p.
- USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). 1969a. Proceedings of second seepage symposium, ARS-47-147.
- USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). 1969b. A manual on conservation of soil and water. Oxford Publications.
- YOUNG, A 1991. Agro-forestry for soil conservation. ICRAF/CAB International Publications. p. 17-77.

Natural Resource Conservation in the Maribios Uplands of Nicaragua. III. Conceptual Framework for Incentives¹

P.N. Sharma*

ABSTRACT

Considerable work has been done on conservation incentives, but a simple, uniform decision-making criterion is still lacking. This paper develops a decision-making tool in the form of a three-part conceptual framework for establishing incentives for different type of farmers. Structural adjustment incentives (e.g., market pricing mechanisms), often needed by medium- and large-scale farmers, are not considered in this analysis. The three dimensions of the incentive problem are: types of farmers, conservation activities to be implemented, and the time frame and quantity of on-site net benefits generated by them. The framework helps to conceive and analyze the dimensions, and make a decision regarding incentives. A table containing the results for the three dimensions for each type of farmer is produced. The decisions on incentives to be offered are based on estimates of the on-site net benefits generated by them. The conceptual framework was applied to the Maribios uplands of Nicaragua and incentives for their conservation were developed. The framework can be used for public lands as well as pastures, forested lands and protected areas.

Key words: Conservation incentives, decision making on incentives, incentives for upland development.

RESUMEN

Existe un considerable número de trabajos para incentivar la conservación. Sin embargo, no se dispone de un criterio uniforme analítico para la toma de decisiones. Este artículo desarrolla un marco conceptual tridimensional para establecer incentivos de acuerdo al tipo de agricultor. Las tres dimensiones del problema para la toma de decisiones en incentivos son: tipo de agricultor, actividades de conservación por implementar y beneficios que generan los incentivos aguas arriba. Ese marco permite analizar las dimensiones sobre las cuales se deciden los incentivos. El problema tridimensional se simplifica posteriormente en tablas bidimensionales para cada tipo de agricultor; en ellas se indica la decisión sobre los incentivos, que serán otorgados en cada hilera para cada tipo de agricultor y para cada actividad de conservación, con base en las estimaciones de los beneficios generados aguas arriba por actividades individuales o por varias de ellas. Este marco conceptual se aplicó a las condiciones de los Maribios de Nicaragua, y se desarrollaron los incentivos necesarios para la conservación de tierras altas. Puede utilizarse también para tierras públicas u de otro tipo, como pasturas, áreas forestales o protegidas.

INTRODUCTION

An analysis of land use, based on FAO (1989) land suitability classification methods as adapted by Sharma (1990) to the conditions of the Maribios volcanic range of Nicaragua, was made for two upland watersheds in Part I of this

paper. Part II adapts known land use management, agro-forestry and other conservation techniques to the socio-economic reality and farmers' traditional practices for easier adoption. This paper develops a simple, systematic tool for decision makers to determine incentives to stimulate different groups of farmers to carry out activities related to natural resource conservation in the Maribios uplands (Sharma 1990).

Considerable work has been done on various types of incentives for conservation programs (de Camino 1985). Botero (1986) summarizes the topology of conservation incentives and gives guidelines for the introduction of conservation incentives in the uplands. However, a simple conceptual basis

¹ Received for publication on July 15, 1991.

This work was carried out as a part of the FAO(UNA)/IRENA project GCP/NIC/019/NET at Leon in Nicaragua for which the author is very grateful

* Professor (Land Use), RENARM/Watershed Project, Integrated Natural Resources Management Program, 37 CATIE, 7170 Turrialba, C R

for determining the conservation incentives for different types of farmers and other land holders who have different land resources and socio-economic constraints is still lacking. Such a model is proposed here.

There are many strategies for creating participation in conservation measures (Botero 1986; Sharma 1992), including simplification of land use criteria and design of resource conservation technology to meet peoples' needs within their constraints, general political will, grassroots local organizations, a strong village-level extension organization, and training of farmers and extensionists. While the first two elements have been considered in Parts I and II of this paper, only conservation incentives are considered here. Structural adjustment incentives (market pricing mechanisms, export subsidies) are not considered.

Justification for incentives

Different types of benefits are generated by upland conservation activities (Gregersen *et al.* 1988). These are shown in Table 1, taken from Brooks and Gregersen (1966). These net benefits can

also be classified over time as: immediate (within a year), short-term, medium-term, long-term, and a combination of all these. When a conservation activity results in immediate tangible net benefits, farmers do not usually need any incentives for adopting the activities, except in the form of demonstrations of technology or technical advice. However, for generating all other types of on-site net benefits, incentives for the farmers may be needed.

Almost all conservation activities by upland farmers have off-site (off-farm, downstream) tangible and/or non-tangible net benefits, which are received by the society or by the nation as a whole (Gregersen *et al.* 1988). It is because of these net benefits that incentives are justified on the principle of cost sharing among up-stream and down-stream beneficiaries. Thus, the use of public funds for conservation incentives or internalization of upland conservation costs into upland product prices are fully justified.

Criteria for incentives

Incentives should mainly be directed toward share croppers, small farmers, and generation of employment for landless laborers, as they represent subsis-

Table 1. Net benefits associated with watershed management projects and their location.

		Location of benefits	
		on-site (up-stream watershed)	off-site (down-stream watershed)
Types of benefits	Tangible (market)	I	I
	non-tangible (non-market)	III	IV
Quadrant I	Food crops, forage for livestock, animal products, fuelwood, plywood, lumber, other wood products, minerals, water, fisheries.		
Quadrant II	Water for drinking, fisheries, irrigation, hydroelectric power generation, navigation, recreation municipal and industrial supplies, flood control benefits, sediment control for avoiding losses of reservoir benefits.		
Quadrant III	Aesthetic values, wildlife habitat protection, health benefits of high quality water supplies, protection of aquatic ecosystems, landslide/mudslide control (minimization), preservation of biodiversity.		
Quadrant IV	Protection of downstream riparian and aquatic ecosystem, high-quality water for recreation, aesthetic values.		

Source: Brooks and Gregerson 1986

tence farmers in most developing countries and do not usually have financial resources for conservation. Medium-sized farmers may also need incentives for certain activities initially, e.g., forestry works, which produce delayed benefits. Large-scale farmers will rarely need or be attracted by incentives, as the value of incentives often is low compared to resources available to them, unless they are of the structural adjustment type (not considered in this article). However, technical advice is often an incentive for large-scale farmers.

As an strategy, direct incentives for a short period can quickly initiate participation in conservation measures (Sharma 1992). However, these direct incentives should, over the duration of a conservation project, result in a long-term rotative fund or similar mechanism which will guarantee availability of incentives even after a particular conservation project has terminated (Botero 1986). Farmers' organizations controlling rotating funds may be preferred, as social means of investment recovery can be more efficient than bureaucratic methods.

Incentives to the farmers should be given on the basis of: (1) their understanding of its purpose, (2) their request for incentives, (3) their need for them, and (4) activities related to those components of conservation technology which are normally not a part of day-to-day activities, i.e., which result in extra costs/labor or different cultural practices (Sharma 1990). Otherwise, the incentives may degenerate into compensation for work and result into termination of conservation activities once incentives are not available. The incentives can be direct or indirect (de Camino 1986). Examples of direct incentives are food for work, fully or partially subsidized labor costs for bottleneck activities, fully or partially subsidized or lent materials (forest and fruit tree seeds/plants, tools and equipment, materials for sealing cisterns and subsidized soil fertility tests for control of excessive fertilizer use). The subsidies should vary depending on the type of farmer (share croppers, landless laborers, small, medium, large). Examples of indirect incentives are guarantees of the effectiveness of a proposed conservation activity (e.g., against the loss of crop production due to fertilizer control and minimum tillage) (Sharma 1990).

A conceptual framework for decision making on incentives

A proposed conceptual framework is developed here as an aid to decision makers and planners who

need simple, uniform, systematic criteria for offering conservation incentives (Sharma 1990). The main idea is analogous to the analytic framework of watershed management activities developed as an aid to land use planners by Hyfshmidt (1986) and Gibbs (1986). They conceptualized the watershed management process, system elements and activities in three dimensions. Decision-making on incentives can similarly be visualized. This decision-making problem is a complex one: How many incentives are needed, to whom, for what, and under which conditions? Incentives will be needed until a conservation activity is executed or starts paying for itself. Decisions on which incentives are needed depend on:

- (1) Types of farmers or land holdings (if public land rehabilitation is also included, often the case in forestry).
- (2) The recommended conservation activities normally not done by a farmer.
- (3) The magnitude and time frame (immediate, short-term, medium-term, long-term or a combination) of on-site net benefits generated by a conservation activity stimulated by incentives.

This is depicted three-dimensionally in Fig. 1. Each cell of the cube represents a decision to be made on the kind of incentives needed for a given type of farmer based on certain types of on-site net benefits generated by a conservation activity. Hence, each cell in the cube can be called a decision cell. Fig. 1 is constructed only for activities recommended in the adapted technological package for the Maribios in Part II of this paper. However, similar figures can be constructed for other activities such as reforestation and forest management, protected areas, and pasture lands conservation. Public lands such as community, municipality or government lands are also included in Fig. 1, since the same rationale is valid for them.

Once the need for incentives is established, the decision on the types and numbers of incentives is based on the estimated net benefits generated to the farmer, the off-site (downstream) benefits generated (which justify the incentive), and estimated extra labor/costs expected from the farmer. On principle, the fewer the resources and longer the time frame for on-site benefits generated by a given activity, the

greater the need for farmer incentives. The number of incentives should be inversely proportional to the amount and time of on-site net benefits generated by a given conservation activity. Also, it should be directly proportional to the off-site benefits generated.

Application of the analytic framework for incentives

The conceptual analytic framework presented here is both a diagnostic as well as a planning tool. It disaggregates the incentive decision into the aforementioned three dimensions. By first conceptualizing appropriate decision cells of the cube in Fig. 1, the analysis can then be simplified into tabular form. The three dimensions are arranged in columns for each element of the first dimension (types of farmers) and the resulting decisions on the types and numbers of incentives needed are filled in for each row. Table 2 is an example of an analysis of each decision cell in Fig. 1, recommending the types and numbers of incentives to be offered for different types of farmers, and for different activities in the adapted conservation technology package not traditionally carried out a farmer in the Maribios of Nicaragua.

Similar tables can be constructed for pasture lands conservation, reforestation and forest management, or for activities related to protected area management. In the case of public lands (community, municipality and government), the same logic is used if they are to be rehabilitated and conserved through peoples' participation. Long-term leasing or ownership of these lands by redistribution for conserva-

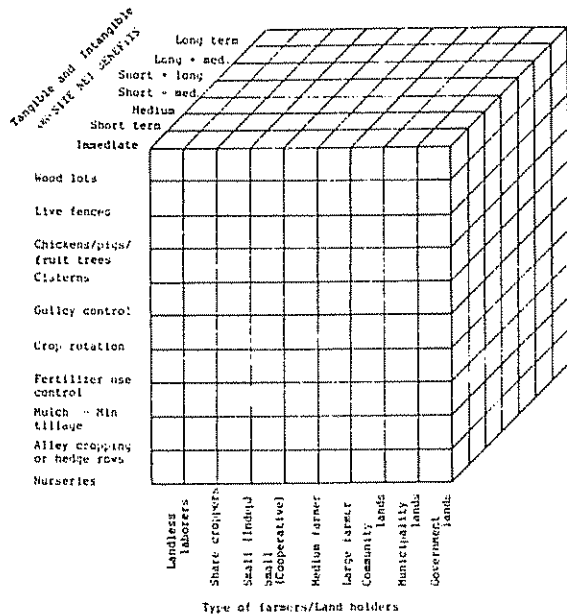


Fig. 1. Three dimensional conceptual framework for decision making on incentives for different type of farmers.

Table 2. Specification of incentives to be given to different type of farmers for different conservation activities in the uplands of the Maribios, Nic.

Type of farmer	Recommended activities	Tangible and up-stream benefits to farmers	Incentives to be given
Land-less labors	-Gulley control -cisterns -nursery	Nil	Employment by food for work program or on payment
Share croppers	-Alley cropping or Hedge rows of pigeon pea -Min. tillage	-Short term (labor savings)	Guarantee of no loss in productivity
	Crop rotation	-Medium term	-Technical guidance only
	Fertilizer use control	-Short term (saving in costs)	-Free soil fertility tests -Guarantee of no loss in production
	-Cisterns	-Short + medium	-Free plastics, chicken wire mesh and cement for percolation control and free tools

(Cont. Table 2.)

	Chickens/pigs/fruits etc	-Short + medium	-Free fruit tree plants for home gardens Initially free hybrid breeds of chickens and pigs etc
	-Gulley control	-Nil	-Employment by food for work or on payment
Small farmer (1.4-7 ha)	-Alley cropping or Hedge rows	-Short + medium	-Free seeds of <i>L. leucocephala</i> or free seedlings of <i>A. mengium</i> / <i>G. sepium</i>
	-Min tillage	-Short + long	-Technical guidance only
	-Crop rotation	-Medium	-do-
	Fertilizer use control	-Short	-Free soil fertility tests
	-Gulley control	-Medium + long	-Free tools and plants -Subsidized labour by food for work
	-Cisterns	-Short + medium	-90% subsidized plastic, chicken wire mesh and cement for percolation control -Free tools
	Fruits/chickens/pigs	-Short + medium term	-Initially free fruit plants and subsidized improved breeds of chickens/pigs etc
	-Live fence	-Medium	-Subsidized (90%) plants
	-Wood lots	-Medium	-Subsidized (90%) plants
Medium farmers (7-50 ha)	-Alley or hedge row cropping	-Short + medium	-Subsidized seeds/seedlings of trees initially
	-Min tillage	-Short + long	-Technical guidance only
	-Crop rotation	-Medium	-do-
	-Fertilizer use control	-Short	-Subsidized soil fertility test (initially only)
	-Gulley control	-Medium + long	-Loaned tools, subsidized plants and subsidized labor
	-Cistern	-Short + medium	-50% subsidized materials for percolation control and tools on load
	-Fruit/chickens/pigs	-Short + medium	-Fruit plants subsidized -Better breeds of animals to be loaned on actual price
	-Live fence	-Medium	-50% subsidized plants
	-Wood lots	-Medium	-do-
	-Pasture improvement	-Short + medium	-Free technical advise on soil fertility improvement by mixing leguminous crops Free technical advise on regeneration of bushes/trees -50% subsidized leguminous plants

tion-related sustainable production activities become important incentives to be considered in such cases.

A simple conceptual framework, as a uniform decision-making tool for determining incentives for upland conservation programs, is proposed here. This framework conceptualizes the incentive decision as a three-dimensional problem. The three dimensions are: the type of farmers/land holders, the types of conservation activities and the tangible or intangible on-site net benefits derived from the application of the adopted conservation technology. Based on these three dimensions, a uniform and systematic decision can be reached on the amount of incentives needed. The incentives should be justified by using on-site and especially off-site (downstream) benefits generated by the conservation activities of farmers. Activities which give immediate tangible benefits (within a year) are generally easily adopted by farmers and do not need any incentives, except for the demonstration of the effectiveness of the activity and/or free technical assistance. All other activities which generate short-, medium- or long-term benefits or a combination of these tangible or intangible benefits, may need incentives. As a rule of thumb, the number of incentives needed is inversely proportional to the timing and the quantity of on-site benefits. Also, incentives are usually directly proportional to the off-site benefits generated.

Based on this framework, incentives for various upland conservation activities have been proposed for the Maribios in Nicaragua. Incentives for conservation activities on public lands, pasture lands, reforestation, wild lands and protected areas, can also be similarly established using this conceptual analysis

LITERATURE CITED

- BOTERO, L.S. 1986. Incentives for community involvement in upland conservation. *In* Strategies, approaches and systems in integrated watershed management. FAO Conservation Guide no. 14. p. 164-172.
- BROOKS, K.N.; GREGERSON, H.M. 1986. The economics of watershed management: Problems and recommendations for project analysis. *In* Strategies, approaches and systems in integrated watershed management. FAO Conservation Guide no. 14. p. 133-146.
- DE CAMINO, V.R. 1985. Incentivos para la participación de la comunidad en programas de conservación. Guía FAO Conservación no. 12. 194 p.
- FAO (UNITED NATIONS FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). 1989. Guidelines for land use planning. Rome, FAO, Inter-Departmental Working Group on Land Use Planning. 121 p.
- GIBBS, C.J.N. 1986. Changing forest land uses in rural development: A conceptual framework for land-use planners. *In* Land use, watersheds, and planning in the Asia-Pacific Region. Bangkok, RAPA/FAO(UN). p. 21-32.
- GREGERSEN, H.M.; BROOKS, K.N.; DIXON, J.A.; HAMELTON, L.S. 1988. Guidelines for economic evaluation of watershed management projects. FAO Conservation Guide no. 16.
- HUFSCHMIDT, M.M. 1986. A conceptual framework for analysis of watershed management activities. *In* Strategies, approaches and systems in integrated watershed management. FAO Conservation Guide no. 14. p. 102-113.
- SHARMA, P.N. 1990. Report of consultancy in soil conservation and agro-forestry. FAO Project GCP/NIC/019/NET. 172 p.
- SHARMA, P.N. 1992. Community participation for forest watershed management. *Journal of Soil and Water Conservation* 46(6):499-504.

Influencia de la Densidad de Siembra y las Condiciones Ambientales en la Emergencia de Girasol¹

F. J. Cardinali*, G. A. Orioli**

ABSTRACT

Effects of delayed emergence were tested on experimental plots of sunflower at densities of 18, 36 and 72 thousand plants ha⁻¹ under field conditions during 1984-1985 season. In each density, delayed emergence at 2, 7 and 17 days was tested. Vegetative and reproductive parameters showed increasing differences with increments in intraspecific competition and among times of emergence. However, differences in economic yield were not statistically significant because the low yield of plants of delayed emergence was compensated by the high yield of plants of early emergence. A lineal regression model based on data obtained from this work and another work by the same authors, but under different environmental conditions, is presented. This model describes individual economic yield variations, taking into account delayed emergence, sowing density and two different environmental conditions.

RESUMEN

La semilla de girasol del cultivar Cargill Super 400, híbrido comercial de ciclo corto, se sembró en condiciones de campo, durante la campaña agrícola 1984-1985, en densidades de 18 000 plantas por hectárea, 36 000 plantas por hectárea y 72 000 plantas por hectárea. En cada nivel de competencia intraespecífica, se establecieron emergencias diferidas en 2 días, 7 días y 17 días, intercaladas una a una con las de emergencia inicial. Los valores de los parámetros vegetativos y reproductivos entre las plantas con distinto momento de emergencia mostraron diferencias crecientes a medida que aumentó la densidad y la disparidad entre la emergencia inicial y la diferida. Sin embargo, el rendimiento económico perdido por las plantas de emergencia diferida fue compensado con el mayor rendimiento de sus vecinas de emergencia inicial. Por esa compensación, no se registraron diferencias en los rendimientos por parcela dentro de cada nivel de competencia probado. Se presenta un modelo de regresión lineal con base en los datos obtenidos en este estudio y en otro anterior de los mismos autores, pero en diferentes condiciones ambientales. El modelo describe la variación del rendimiento económico individual de acuerdo con los momentos de emergencia, densidad de siembra y las diferentes condiciones ambientales consideradas.

INTRODUCCION

En cultivos de girasol la emergencia de plántulas es con frecuencia desuniforme o escalonada, lo que determina el crecimiento simultáneo de plantas con distinto grado de desarrollo. En estas condiciones la distribución de los recursos no

es homogénea, ya que las plantas emergidas primero y con mayor desarrollo se encuentran en mejores condiciones para competir por el espacio aéreo y subterráneo (Hiroi y Monsi 1966; Harper 1977).

En un trabajo previo (Cardinali *et al.* 1985b), se observó que las diferencias entre plantas de distinto momento de emergencia son más notables a medida que aumenta el nivel de competencia intraespecífica.

Los efectos de distintos momentos de emergencia en diferentes niveles de competencia intraespecífica sobre el área foliar, la altura y la producción de un híbrido de girasol, en condiciones de déficit hídrico durante la etapa de floración y parte del llenado de grano, son analizados en este estudio. Los resultados se confrontaron con los observados en un trabajo similar (Cardinali *et al.* 1985a), pero en condiciones

¹ Recibido para publicar el 16 de enero de 1990.
Contribución no. 112 del Depto. de Agronomía Unidad Integrada, Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA) - Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Universidad Nacional del Mar del Plata (UNMP), Balcarce, Arg.

* Unidad Integrada EEA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Balcarce, UNMP (7620), Arg.

** Depto. Agronomía CERZOS, UNS (8000) Bahía Blanca, Arg.

favorables de disponibilidad de agua, con el fin de extraer conclusiones sobre la generalidad de las respuestas observadas.

MATERIALES Y METODOS

El análisis se realizó durante la campaña agrícola 1984-1985 en el campo experimental de la Unidad Integrada INTA-FCA, Universidad Nacional del Plata. Ahí se sembró el cultivar Cargill Super 400, híbrido comercial de ciclo corto, en un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas fueron de cinco surcos de 8 m de largo, distanciados a 0.7 m y con diferentes espaciamientos entre las semillas para lograr densidades de 72 000 plantas, 36 000 plantas y 18 000 plantas por hectárea. Se establecieron cuatro momentos de emergencia para cada densidad: inicial (T_1) y diferida en 2 d (T_2), 7 d (T_7) y 17 d (T_{17}) en relación con la emergencia inicial.

En los tratamientos T_1 la siembra se efectuó a 20 cm, 40 cm y 80 cm entre semillas, según las respectivas densidades; mientras que en las restantes (T_2 , T_7 , T_{17}), y en la misma fecha, las semillas se colocaron a distancias que duplicaban las anteriores; se sembró intercaladamente en fechas sucesivas de acuerdo con

las emergencias diferidas por probar. En todos los casos la emergencia se produjo después de 8 d de la siembra.

El cultivo se realizó sobre un suelo Typic Argiudol sin limitaciones de profundidad. Las parcelas se mantuvieron libres de competencia de malezas con el uso de controles químicos para presiembra con base en trifluralina en dosis de 1 l/ha y mecánicos de pos-emergencia.

Los datos fenológicos correspondientes a cada tratamiento se presentan en el Cuadro 1.

En plena floración se midió el área foliar por planta en cada parcela mediante el método descrito por Pereyra *et al.* (1982).

La cosecha se realizó removiendo los capítulos luego de la madurez fisiológica. Para determinar el rendimiento, los capítulos fueron secados hasta peso constante, luego se desgranaron individualmente. Se determinó el peso de 1000 achenios, y el peso y el número de achenios por capítulo.

La disponibilidad de agua en el suelo durante el período de cultivo se indica en el Cuadro 2 según el balance hídrico de Thornthwaite y Mather (1955), modificado por Pascale y Damario (1977).

Cuadro 1. Datos fenológicos correspondientes a plantas de distinto momento de emergencia y diferente nivel de competencia.

Tratamiento	Fecha de emergencia	Días de emergencia a floración Densidad de plantas por hectárea		
		72 000	36 000	18 000
T_1	12/12	62	63	64
T_2	14/12	61	62	64
T_7	19/12	58	60	62
T_{17}	29/12	53	55	59

Cuadro 2. Balance hídrico del suelo según Thornthwaite y Mather (1955) modificado por Pascale y Damario (1977)

Meses	Oct	Nov	Dic	Enero	Feb	Marzo
mm	2	35	-6	18	-23	-29

RESULTADOS Y DISCUSION

En general, se puede observar (Cuadro 3) que el efecto de las plantas de emergencia inicial sobre las emergidas más tarde fue más notable a medida que aumentó el tiempo entre la emergencia y el nivel de competencia intraespecífica. En efecto, diferencias significativas en el rendimiento económico individual (órganos cosechables por planta), y en los parámetros altura y área foliar se presentaron en los tratamientos, 72 000 plantas y 36 000 plantas por hectárea, entre plantas de emergencia inicial y diferida en 7 d y 17 días. En tanto que en 18 000 plantas por

hectárea sólo se observaron diferencias significativas para emergencias diferidas en 17 días. Por otro lado, en ningún caso se presentaron diferencias significativas para emergencias diferidas en 2 días.

Si bien los datos fenológicos presentes en el Cuadro 1 ponen de manifiesto un leve acortamiento del ciclo a medida que aumenta el nivel de competencia, así como la diferencia de emergencia respecto de la siembra inicial, la disminución observada en los valores de los diversos parámetros (Cuadro 3) no podría explicarse debido a esta leve diferencia de ciclo.

Cuadro 3. Valores medios de los parámetros vegetativos y reproductivos de plantas de distinto momento de emergencia para cada nivel de competencia intraespecífica.

Densidad plantas/ha	Parcela	Tratamiento	Rendimiento económico		Componentes del rendimiento		Area foliar por planta (dm ²)	Altura por planta (cm)
			g/planta	kg/ha	aquenos/cap. (núm.)	peso de 1000 aquenos		
72 000	1	T1	38.4	2 693	828	45	47	165
		T1	36.4		834	44	46	165
	2	T1	36.6	2 584	796	46	46	165
		T2	35.0		795	44	45	164
36 000	3	T1	51.6	2 600	973	53	50	168
		T7	20.6		542	38	18	159
	4	T1	61.5	2 657	1 098	56	59	170
		T17	12.3		361	34	15	130
n.d.c	—	—	5.1	s.d.	66	9.5	11	7.4
36 000	5	T1	75.9	2 761	1 290	59	58	157
		T1	77.4		1 300	60	60	157
	6	T1	76.2	2 739	1 291	59	62	156
		T2	76.0		1 310	58	59	155
36 000	7	T1	83.4	2 635	1 345	62	64	150
		T7	63.0		1 125	56	47	147

(Cont. Cuadro 3.)

Densidad plantas/ha	Parcela	Tratamiento	Rendimiento económico		Componentes del rendimiento		Área foliar por planta (dm ²)	Altura por planta (cm)
			g/planta	kg/ha	aquenos/cap. (núm.)	peso de 1000 aquenos		
36 000								
	8	T1	101.3	2 602	1 447	70	68	156
		T17	43.3		1 007	43	22	138
n d. s.	—	—	18.3	s. d.	146	107	15	12
	9	T1	88.7	1 607	1 347	66	77	142
		T1	89.9		1 353	66	79	142
	10	T1	89.5	1 602	1 335	67	81	140
		T2	88.4		1 339	66	78	140
18 000								
	11	T1	98.1	1 573	1 401	70	85	140
		T7	76.8		1 301	59	69	129
	12	F1	108.4	1 467	1 407	77	89	138
		T17	54.5		1 948	52	44	116
n d. s.	—	—	20.2	s. d.	132.8	14.3	19.3	134

Nota: Se incluyen los valores significativos para la prueba de Duncan al 5% (n d. s.: nivel de diferencia estadística; s. d. sin diferencia estadísticamente significativa).

De modo que la ventaja obtenida por una planta de emergencia temprana no se explicaría por el simple hecho de contar con más tiempo para crecer, sino por la ocupación temprana del espacio disponible y, consecuentemente, por el mayor aprovechamiento de los recursos del ambiente aéreo y subterráneo, tal como lo describen Ross y Harper (1972). Estos autores, al trabajar con poblaciones monoespecíficas, destacaron la importancia del orden de emergencia de plántulas e indicaron la mayor tasa de crecimiento relativo de plántulas de emergencia temprana.

Esa mejor posición en la competencia permite lograr una mayor zona de influencia y una disposición temprana de los recursos esenciales existentes en la misma. Asimismo, Mack y Harper (1977) expresan

que la obtención de los recursos esenciales por una planta es función de su capacidad de competencia, el momento de emergencia y el estado de desarrollo relativo en relación con las plantas de su entorno.

En este trabajo, las plantas de emergencia temprana evidenciaron su habilidad para aprovechar la mejor condición en la competencia para captar recursos, lo que determinó un mayor rendimiento individual en detrimento de sus vecinas de emergencia diferida. A su vez, estas últimas presentaron menor altura, menor área foliar y hojas más delgadas y pálidas. Esto coincide con lo obtenido por Hiroi y Monsi (1966), quienes encontraron en poblaciones de girasol que las plantas dominadas en la competencia fueron más delgadas y etioladas, y, además, poseían una mayor proporción de tejidos no fotosintéticos.

En cuanto a los componentes del rendimiento: peso de 1000 aquenios y número de aquenios por capítulo, que acompañaron las variaciones del rendimiento económico individual, el número de aquenios por capítulo fue el parámetro más sensible a la acción de la competencia.

La densidad de 72 000 plantas por hectárea registró los menores rendimientos por planta con base en la disminución del número, más que del peso individual de los aquenios. Sin embargo, en 72 000 y 36 000 plantas por hectárea, los rendimientos por parcela fueron similares, pues el bajo rendimiento individual en la mayor densidad fue compensado por el mayor número de plantas, que coincide con lo indicado en cultivos de girasol por Vijayalakshmi *et al.* (1975); Pereyra *et al.* (1977); Miller and Fick (1978); Thompson and Fenton (1979); Cardinali *et al.* (1980) y Cardinali *et al.* (1985). Estos autores encontraron un amplio rango de densidades con rendimientos equivalentes, dentro del cual, a bajas densidades, se mantienen los rendimientos con base en un mayor tamaño de capítulo, con mayor número, tamaño y peso de los aquenios. A medida que la densidad aumenta, disminuyen todos los parámetros mencionados, así se equilibra el rendimiento a través del mayor número de plantas. No obstante la densidad de 18 000

plantas por hectárea se ubicó fuera del rango de densidades con rendimientos equivalentes (Cardinali *et al.* 1985), de modo que los altos rendimientos individuales no alcanzaron a compensar el bajo número de plantas. Esto determinó una disminución significativa del rendimiento por unidad de superficie con respecto a los alcanzados con densidades mayores.

Finalmente, el análisis de los rendimientos expresados por unidad de superficie, como producción conjunta de plantas de emergencia inicial y diferida frente a los logrados por las parcelas de emergencia inicial, no presentaron diferencias significativas, pues los menores rendimientos de las plantas de emergencia diferida fueron compensados por los mayores rendimientos de sus vecinas de emergencia inicial. Esto demuestra la capacidad de la planta de girasol para aprovechar eficientemente el espacio disponible y la menor capacidad competitiva de las plantas cercanas; de esa manera se aseguran rendimientos adecuados aun con emergencias poco uniformes dentro del cultivo.

A partir de los resultados presentes en este trabajo y los publicados anteriormente por Cardinali *et al.* (1985) sobre el mismo tema, se procuró elaborar un modelo matemático simple que permita predecir los

Cuadro 4. Valores de a, B, r² y n para un modelo $\ln Re = a + B d$, considerado para dos ambientes y tres niveles de densidad.

Estación	Densidad plantas por hectárea x 1000	a	B	r ²	n
S	72	3.77	-0.071	0.80	12
E					
C	36	4.18	-0.062	0.93	12
A	18	4.35	-0.031	0.67	12
H	72	3.97	-0.063	0.96	12
U					
M	36	4.22	-0.053	0.90	12
E					
D	18	4.51	-0.029	0.83	12
A					

Nota: a = ln Re individual testigo
 B = coeficiente de la pérdida de rendimiento por demora.
 r² = coeficiente de determinación
 n = número de casos analizados.

efectos de la demora en la emergencia sobre el rendimiento individual. Con ese fin, se ajustaron modelos lineales del $\ln Re = f(d)$, donde Re es el rendimiento económico individual y d el tiempo de demora en la emergencia, si se consideran, en forma conjunta, las respuestas observadas durante una estación húmeda (1983-1984) y en una estación seca (1984-1985). En todos los casos se obtuvieron ajustes altamente significativos (Cuadro 4) para el modelo $\ln Re = a + B d$, donde a es el $\ln Re$ testigo y B es un coeficiente de pérdida de rendimiento individual por demora en la emergencia ($g d^{-1}$).

Se compararon estadísticamente los efectos de la densidad y de la estación ambiental sobre el coeficiente de pérdida B , hallándose diferencias significativas en relación con el primer factor, tanto para el Re individual como para el área foliar por planta ($p < 0.012$), en tanto que no hubo diferencia por efecto de la condición ambiental (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores de los coeficientes B correspondientes a la regresión lineal $\ln Re = a + B d$, para cada nivel de competencia y año.

Estación	Densidad plantas por hectárea x 1000			F = 0.0079
	72	36	18	
Seca	0.07	0.04	0.03	
Húmeda	0.06	0.04	0.03	

Nota: Se incluyen los valores de F correspondientes a ANOVA de una vía

Dado esto último, se procedió a determinar una función que permitiera describir las variaciones de B por efecto de la densidad, hallándose un buen ajuste ($r^2 = 0.946$) con el modelo lineal $B = 0.016 + 0.001 D$.

En síntesis, la variación del rendimiento individual por efecto de la demora en la emergencia y de la densidad de siembra puede ser descrita por el modelo exponencial:

$$R = \exp. \ln Re - (0.016 + 0.001 D) d$$

donde: Re es el rendimiento medio de plantas de emergencia inicial a densidad D ,
 d es la demora en la emergencia.

En este trabajo, $\ln Re$ fue de 3.83; 4.53 y 4.645 para 72 000 plantas, 36 000 plantas y 18 000 plantas por hectárea respectivamente, como promedio para ambas estaciones de cultivo.

LITERATURA CITADA

- CARDINALI, F.J.; PEREYRA, V.R.; FARIZO, C.L.; ORIOLI, C.A. 1980 Densidad de siembra en girasol para el centro-sudeste de Buenos Aires. In Simposio Nacional de Oleaginosas (9); Seminario Latinoamericano de Oleaginosas (6) Buenos Aires, Arg
- CARDINALI, F.J.; ORIOLI, C.A.; PEREYRA, V.R. 1985a Comportamiento de dos híbridos de girasol a bajas densidades de siembra. Revista Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Buenos Aires (Arg) 6(3):131-139
- CARDINALI, F.J.; ORIOLI, G.A.; PEREYRA, V.R. 1985b. Influencia del momento de emergencia en el desarrollo y producción de un cultivar de girasol (*Helianthus annuus* L.). In Conferencia Internacional de girasol (11) Actas Mar del Plata, Arg p. 325-329
- HARPER, J.L. 1977 Population biology of plants London, Academic Press 892 p.
- HIROI, T.; MONSI, M. 1966. Dry-matter economy of *Helianthus annuus* communities grown at varying densities and light intensities. Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo 9:241-285.
- MACK, R.N.; HARPER, J.L. 1977 Interference in dune annuals: Spatial pattern and neighbourhood effects. Journal of Ecology 65:345-363.
- MILLER, F.J.; FICK, G.N. 1978. Influence of plant population on performance of sunflower hybrids. Canadian Journal of Plant Science 58(3):597-603
- PASCALÉ, A.J.; DAMARIO, E.A. 1977 El balance hidrológico seriado y su utilización en estudios agroclimáticos. Revista Facultad de Agronomía de La Plata (Arg) 3:14-34.
- PEREYRA, V.R.; BELTRANO, J.; ORIOLI, G.A. 1977. Densidad de siembra y producción en cultivos de girasol. IADO In Reunión Nacional de Girasol (Arg). p. 127-131
- PEREYRA, V.R.; FARIZO, C.L.; CARDINALI, F.J. 1982. Estimation of leaf area on sunflower plants. In International Sunflower Conference (10). Proceedings. Surfers Paradise A.C.T. p. 21-23.

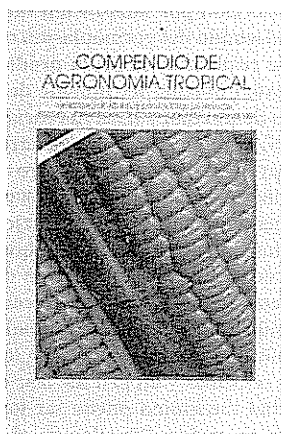
ROSS, M A.; HARPER, J.L. 1972. Occupation of biological space during seedling establishment. *Journal of Ecology* 60:77-88.

THOMPSON, J.A.; FENTON, I.G. 1979. Influence of plant population on yield and yield components of irrigated sunflower in southern New South Wales. *Australian Journal of Agriculture and Animal Husbandry* 19:570-574.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. 1955. The water balance. Drexel Inst of Tech, New Jersey. Publication in *Climatology* 8(1):104.

VIJAYALAKSHMI, K.; SNAGHI, N K ; PELTON, W L.; ANDERSON, C H 1975 Effects of plant population and row spacing on sunflower agronomy. *Canadian Journal Plant Science* 55:491-499

LIBRO RECOMENDADO



Compendio de Agronomía Tropical - Tomo II. IICA/Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia. 1989. 693 p. ISBN 92-9039-152 9.

Este segundo tomo brinda, de manera sistemática e ilustrada, conocimientos fundamentales sobre 138 diferentes cultivos tropicales de importancia económica por sus cualidades alimenticias o industriales. Su propósito es servir de complemento didáctico y de guía para resolver las consultas a los estudiantes, educadores y otros profesionales de las Ciencias Agrícolas sobre los cultivos tropicales de América. Al igual que el Primer Tomo es una adaptación parcial del *Mémento de l'Agronome* y es fruto de la contribución de diferentes técnicos y especialistas.

US\$20.00

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

Eficiencia del Mejoramiento Genético de Papa con Manipulaciones de Ploidía¹

R. Ortiz*, S.J. Peloquin **

ABSTRACT

A diploid population with multiple pest/disease resistances and adaptation to short-day environments (SD) has been developed by CIP. The population was evaluated: a) *per se* under long day environments (LD), and b) as parents by determining their general combining ability (GCA) in both LD and SD environments through 4x x 2x crosses and comparing their GCA estimates with those of tetraploid parents crossed with common tetraploid female testers. Selection for adaptation was effective in the diploid population in developing parents to be used in breeding under LD. GCA estimates for tuber yield indicate that diploid parents with FDR 2n pollen were better than tetraploid parents in SD. Only 4x - 2x progenies combined high yield, yield stability and specific gravity. However, opposite results were found for tuber yield using the same parents under LD. Heterosis for tuber yield was only expressed in progenies in which both parents were selected under LD, indicating that selection for adaptation is very important for the utilization of diploid germplasm. Additional studies were done to: (a) outline an inexpensive production methodology of 4x true potato seed through ploidy manipulations; and (b) determine the inheritance of male sterility (CMS) and 2n pollen in tetraploid potatoes. A limitation in the production of 4x progeny after 2x x 2x crosses is the low frequency of 2n gametes. Improvement in the expressivity of 2n gametes was observed after recurrent selection in the 2x population. The inheritance study about on CMS and production of 2n pollen found that: (a) CMS is the result of the interaction between a sensitive cytoplasm with a dominant male sterility gene Ms; (b) male fertility restoration occurs due to a fertility restorer gene Rt; and (c) 2n pollen production is genetically controlled by the recessive meiotic mutant ps (FDR 2n pollen), its frequency being 0.74 in the tetraploid hybrid population. This knowledge is very important for the production of FDR 2x male fertile haploid-species hybrids through crosses between *Tuberosum* haploids (sensitive cytoplasm) with a genotype Rt/—ps/ps x species with genotype Ms/ms ps/ps.

Key words: Haploids, wild species, ploidy manipulations, FDR 2n pollen, SDR 2n eggs, recurrent selection, true potato seed, genetic-cytoplasmic male sterility.

RESUMEN

Se desarrolló una población diploide con resistencia múltiple a las plagas y adaptación a los días de fotoperíodo corto (DC). Esta población se evaluó: a) en ambientes con días de fotoperíodo largo (DL) y b) como progenitores. Así se determinó su aptitud combinatoria general en cruces 4x x 2x, y se compararon con progenitores tetraploides en cruzamientos con probadores tetraploides femeninos comunes a ambos ambientes. La selección por adaptación fue efectiva en el desarrollo de progenitores diploides para ser utilizados en DL. La ACG para rendimiento indicó que los progenitores diploides con polen 2n RPD fueron mejores que los tetraploides en DC. Las progenies 4x-2x combinaron alto rendimiento, estabilidad de rendimiento sobre ambientes y alta gravedad específica. Sin embargo, se observaron resultados completamente opuestos en rendimiento en DL cuando se evaluaron los mismos progenitores. La heterosis por rendimiento se expresó sólo en progenies cuyos progenitores fueron seleccionados en DL. Esto indicó que la selección por adaptación fue muy importante para un uso adecuado del germoplasma diploide. Estudios adicionales se realizaron en: a) la producción a bajo costo de semilla sexual híbrida tetraploide de papa utilizando manipulaciones de ploidía, y b) la herencia de la esterilidad masculina (MS) y polen 2n en papas tetraploides. La producción de progenie tetraploide a través de cruzamientos 2x x 2x se vio limitada por la baja frecuencia de gametos 2n en los progenitores diploides. La mejora en la expresividad de gametos 2n fue observada después de efectuarse una selección recurrente en la población diploide. El estudio sobre herencia de MS en la producción de polen 2n en papa tetraploide indica que la esterilidad masculina en papa puede explicarse como resultado de la interacción entre citoplasmas sensibles y un gen nuclear dominante Ms. Pero la fertilidad masculina puede ser lograda por la acción de un gen restaurador, Rt; además, el polen 2n en progenies tetraploides está controlado genéticamente por el mutante meiótico recesivo ps. La frecuencia de este gen es 0.74. Este conocimiento es importante si permite la producción de híbridos diploides machos fértiles, con producción de polen 2n RPD al cruzarse haploides de *Tuberosum* (citoplasma sensible) con genótipo Rt/—ps/ps y especies silvestres con genótipo Ms/ms ps/ps.

1 Recibido para publicar el 18 de febrero de 1993. Auspiciado por el College of Agriculture and Life Science, (CIP), United States Department of Agriculture (USDA)-CRGO-88-37234 3619, y por Frito-Lay Inc

* International Institute of Tropical Agriculture, Plantain & Banana Improvement Program, Oyo Road, PMB 5320, Ibadan, Nigeria.

** Ph D. Campbell-Bascom Professor.

INTRODUCCION

La mayoría de las especies tubíferas del género *Solanum* son diploides ($2n = 2x = 24$). Estas especies son importantes fuentes de genes que confieren resistencia a pestes y tolerancia a condiciones ambientales extremas. Pueden utilizarse en cruzamientos con haploides ($2n = 2x = 24$) de la papa cultivada tetraploide (Gp. *Tuberosum* o *Andigena*), lo que permite un mejoramiento en el nivel diploide. Ese mejoramiento en este nivel de ploidía tiene la ventaja de la herencia disómica y, por lo tanto, hay mayor probabilidad de combinar los genes de interés en un solo genotipo en el nivel diploide. Los progenitores haploides contribuyen a mejorar las características agronómicas; mientras que las especies diploides poseen los genes de resistencia/tolerancia a los desafíos ambientales o a las pestes e incrementan la diversidad alélica presente en las especies cultivadas tetraploides. Los genes de interés pueden ser transferidos de los progenitores diploides al nivel tetraploide a través del uso de gametos $2n$ (gametos con el número cromosómico del esporofito).

Este esquema de mejoramiento se conoce como manipulaciones de ploidía (Peloquín *et al.* 1991), y lo han utilizado con éxito los fitomejoradores de la Universidad de Wisconsin-Madison (Peloquín y Ortiz 1992) y del CIP en la transferencia de resistencia a nemátodos (Iwanaga *et al.* 1989) e insectos (Ortiz *et al.* 1990), así como en otras instituciones de América Latina (Camadro y Mendiburu 1988) y Europa (Zimmoch-Guzowska 1986). En el CIP se utilizó el mejoramiento de poblaciones a nivel diploide para combinar genes de resistencia a distintas pestes y con deseables características agronómicas. El robustecimiento de la resistencia a las diferentes pestes se facilitó por las técnicas de tamizado disponibles, tanto en las pruebas de laboratorio como en las de invernadero.

Los genes de resistencia a las pestes (encontrados en las especies diploides cultivadas o silvestres) fueron transferidos del germoplasma diploide al nivel tetraploide a través de la utilización de polen $2n$. Esta anomalía meiótica es sobre todo producto de la orientación paralela de los husos durante la anafase II (Mok y Peloquin 1975; Watanabe y Peloquin 1989) y está controlada genéticamente por el mutante meiótico *ps* (Mok y Peloquin 1975) que es esencialmente un mecanismo de restitución de la primera división meiótica (RPD). De esta manera, se puede incorporar aproximadamente un 80% de la heteroci-

gosis de los progenitores diploides en la progenie tetraploide por medio de cruzamientos $4x \times 2x$. Eso explica el alto rendimiento (Iwanaga y Ortiz 1988; Ortiz e Iwanaga 1986) de los tetraploides obtenidos con esta metodología. Las especies involucradas en estos clones diploides productores de polen $2n$ RPD comprenden haploides de los tetraploides cultivados (Gp. *Andigena* y *Tuberosum*), diploides cultivados (Gp. *Stenotomum* y *Phureja*) y silvestres (*S. cha-coense*, *S. microdontum*, *S. sparsipilum* y *S. vernei*). Este germoplasma diploide con producción de polen $2n$ RPD tiene genes de resistencia a nemátodos del quiste y del nudo, marchitez bacteriana, tizones tardío y temprano, y a los virus X, Y, y del enrollamiento. Un resumen de los resultados de este proyecto se presenta en el Cuadro 1.

Este artículo discute los resultados obtenidos en las siguientes áreas de investigación; la evaluación del germoplasma diploide del CIP, que se desarrolló en ambientes de fotoperíodo corto (12 h o menos) y de fotoperíodo largo (más de 14 h), lo mismo que el uso de estos progenitores diploides en cruzamientos $4x \times 2x$ en ambos ambientes; el incremento de producción de gametos $2n$ con selección recurrente en la población diploide; la producción de semilla sexual a través de poliploidización sexual bilateral; el uso de polen $2n$ RPD para mejorar la eficiencia de la papa; y la esterilidad citoplasmática-genética y producción de polen $2n$ en papa tetraploide.

MATERIALES Y METODOS

Experimento 1: Evaluación del germoplasma diploide en días de fotoperíodo largo

Materiales seleccionados en días de fotoperíodo corto en el CIP en Perú fueron incluidos en este experimento realizado en Rhineland, Wisconsin. Setenta familias (híbridas y de polinización libre) se evaluaron en bloques completos aleatorios con 40 clones en dos repeticiones de acuerdo con el tipo de planta, la floración, la precocidad y la tuberización.

Individuos seleccionados en días de fotoperíodo largo se usaron como progenitores en cruzamiento con materiales adaptados a esas condiciones. Progenies híbridas se evaluaron en un látice simple 11×11 para comparar la aptitud combinatoria general (ACG) en rendimiento de los progenitores diploides en ambientes de fotoperíodo largo.

Cuadro 1. Mejoramiento poblacional a nivel diploide y transferencia de la característica a nivel tetraploide con el uso de polen 2n RPD en el CIP (herencia, fuentes de resistencia/tolerancia/atributos).

Característica	Herencia	Fuente	Mejoramiento poblacional	Uso de polen 2n	Progenitor diploide
Inducción de haploide	oligogénica	phu ¹	A ²	-	A
Marchitez bacteriana	poligénica	phu, spl	A	A	A
Tizón temprano	aditiva	phu, stn	A	A	A
Tizón tardío	aditiva	adg	A	C	A
PVY	gen dominante	sto	A	B	A
PVX	gen dominante	acl, adg	A	B	A
PLRV	poligénica	sto, chc	B	B	B
Nematodos del nudo	aditiva	spl, chc	A	A	A
Nematodo de quiste	aditiva	adg, vrn	B	A	B
polilla	aditiva	spl	A	B ³	C
Rendimiento	no aditiva		A	A	A
Uniformidad (color y forma)	genes mayores		A	A	A
Materia seca	aditiva	phu	A	B	B

1. Las abreviaciones de las especies son de Huamán y Ross (1985)
2. A = avanzado; B = intermedio; C = inicial
3. Cruzamiento 2x (oosferas 2n) x 4x.

Experimento 2: Selección recurrente para incrementar la producción de gametos 2n

Un total de 1361 clones provenientes de 129 familias híbridas (haploides de *Tuberosum* x especies silvestres) fueron evaluadas en Rhinelander, Wisconsin (ciclo 0). El ciclo 1 consistió de 23 familias obtenidas de cruzamientos entre clones seleccionados por su producción de oosferas 2n en el ciclo 0. La producción de oosferas 2n en cada ciclo se determinó por la producción de semillas en cruzamientos 2x x 4x (Ortiz y Peloquin 1991). Cada uno de los clones evaluados fue polinizado después de emasculación la antera con polen de un progenitor tetraploide.

Parámetros genéticos para la producción de polen 2n RPD en días de fotoperíodo largo se determinaron en la población diploide de CIP, ya descrita, utilizando la metodología propuesta por Ortiz y Peloquin (1991). Esto sirvió para realizar comparaciones entre diversas metodologías de selección con el fin de incrementar la frecuencia de polen 2n RPD en la población diploide.

Experimento 3: Evaluación de progenitores diploides con polen 2n RPD y tetraploides en ambientes de días largos y cortos en cruzamientos con progenitores tetraploides comunes

Progenies 4x-2x y 4x-4x fueron obtenidas de cruzamientos factoriales (línea x probador) entre 11 clones tetraploides (progenitores femeninos) y 12 progenitores masculinos (4 tetraploides y 8 diploides con polen 2n RPD). Los progenitores constituyeron muestras de las poblaciones de mejoramiento diploide y tetraploide del CIP. Las familias se evaluaron en días de fotoperíodo corto en 4 localidades del Perú (La Molina, Huancayo, Huaraz y San Ramón), en días de fotoperíodo largo en Rhinelander, Wisconsin durante dos años. Bloques completos aleatorios con dos repeticiones de 15 clones se utilizaron en cada localidad. Las características agronómicas estimadas fueron el rendimiento total y comercial (tubérculos ≥ 50 g), el tamaño y el número de tubérculos por planta, así como el contenido de materia seca (gravedad específica).

Parámetros genéticos en las poblaciones 4x-2x y 4x-4x se calcularon de acuerdo con Ortiz *et al.* (1991). Esto sirvió para construir un índice de selección simultánea y de hereditabilidad, lo que permitió comparar ambas poblaciones.

Las mismas familias incluidas en esta evaluación fueron utilizadas para estudiar la esterilidad genéticocitoplasmática, el gen restaurador de fertilidad masculina y la producción de polen 2n RDP en la papa tetraploide de acuerdo a la metodología indicada por Iwanaga *et al.* (1991).

Método innovador de producción de semilla sexual híbrida tetraploide

El uso de semilla sexual es un método alternativo para la producción de papa en los países en vías de desarrollo (Malagamba y Monares 1988). Una limi-

tación de esta metodología alternativa para la producción de papa es la falta de semilla sexual híbrida que produzca progenie uniforme y de alto rendimiento. Los resultados obtenidos con progenies tetraploides provenientes de cruzamiento 2x x 2x (Werner y Peloquin 1992) fueron muy alentadores; las progenies tetraploides de cruzamientos 2x x 2x tuvieron rendimientos superiores o similares a los cultivares tetraploides. Sin embargo, el número de tubérculos fue excesivo; su forma, inadecuada; y su tamaño, pequeño.

La identificación de híbridos diploides entre haploides de Tuberosum y especies diploides silvestres (HS), con características de tubérculos deseables y producción de gametos 2n, permite la producción, a bajo costo, de semilla sexual híbrida tetraploide derivada del cruzamiento entre progenitores diploides (Fig. 1). La metodología propuesta por Ortiz y Pelo-

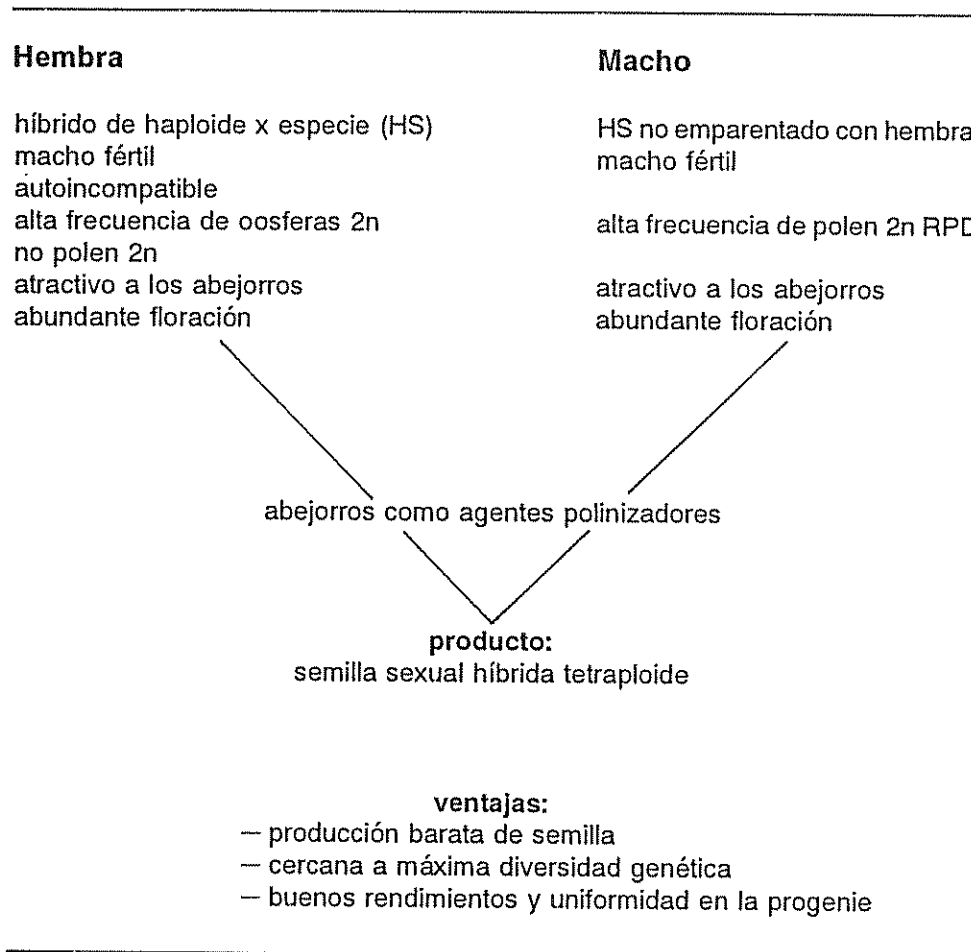


Fig. 1. Producción de semilla sexual con poliploidización sexual bilateral.

quin (1991) consiste en el uso de progenitores diploides que produzcan oosferas o polen $2n$. Un híbrido HS (progenitor femenino) es seleccionado por su fertilidad masculina (para atraer al abejorro, polinizador natural en papas), autoincompatibilidad (para evitar la autofecundación a nivel diploide), alta frecuencia de oosferas $2n$, y carencia de producción de polen $2n$ —para evitar la autofecundación y producción de progenie por endocria tetraploide—; otro híbrido HS (progenitor masculino), no emparentado con el progenitor femenino, se selecciona por su alta fertilidad masculina y alta frecuencia de polen $2n$. Así mismo, ambos progenitores son seleccionados por su floración, atracción de abejorros y otras características de interés.

Los progenitores masculinos se siembran en surcos alternos, encargándose los abejorros de realizar la recolección del polen y la polinización. Se cosecha solamente la semilla del progenitor femenino. Esta semilla sexual híbrida tetraploide produce plantas con alto rendimiento y uniformidad de tubérculo. La eliminación de la emasculación, la recolección del polen y la polinización manual reducen los costos de producción de semilla sexual híbrida tetraploide en 50% por lo menos.

Eficiencia del mejoramiento de papa con gametos $2n$ RPD

La comparación de los dos esquemas de mejoramiento, $4x-4x$ y $4x-2x$, utilizando germoplasma del CIP, evaluado en localidades de días cortos (Ortiz *et al.* 1991), indicó que este último fue más eficiente en la selección simultánea para varias características de tubérculo (número (X_1), materia seca (X_2), tamaño (X_3) y rendimiento total (X_4)). Para ello se utilizó un índice de selección (Y), que se expresó como $Y = 0.47 X_1 + 152.32 X_2 - 89.45 X_3 + 0.30 X_4$. Las progenies de cruzamiento $4x \times 2x$ combinaron alto rendimiento, alta gravedad específica y adecuado tamaño y número de tubérculos; mientras que progenies de cruzamiento $4x-4x$ con alto rendimiento tuvieron muy bajo contenido de materia seca.

Los progenitores diploides con polen $2n$ RPD fueron mejores que los tetraploides para evaluar la aptitud combinatoria general (ACG) en rendimiento de progenitores tetraploides. Además, un número menor de repeticiones y localidades fue necesario para evaluar el rendimiento de las progenies $4x-2x$, que

las usadas para calcular el de las progenies $4x-4x$ de acuerdo a los estimados de hereditabilidad obtenidos (Ortiz *et al.* 1991).

Los resultados obtenidos pueden explicarse como productos del polen $2n$ RPD, que transmite 80% de su genotipo diploide intacto a su progenie $4x$ en cruzamientos $4x \times 2x$ (Peloquin *et al.* 1991); de la transmisión de un alto porcentaje de la heterocigosis y la epistasia del progenitor diploide, que es importante en el mejoramiento de la papa, ya que las interacciones *intra locus* e *inter loci* son las que contribuyen significativamente a incrementar el rendimiento (Mendiburu y Peloquin 1988; Mendoza y Haynes 1974) y su estabilidad en diferentes ambientes (Amoros y Mendoza 1979; Darro y Peloquin 1990; De Jong *et al.* 1981); por último, del polen $2n$ RPD de un progenitor diploide, que es más heterocigota, pero más homogéneo que el polen normal n de un progenitor tetraploide (Mok y Peloquin 1975).

Esterilidad genética-citoplasmática, restaurador de fertilidad masculina y producción de polen $2n$ RPD en la papa tetraploide

Iwanaga *et al.* (1991) encontraron que la esterilidad masculina fue el resultado de la interacción entre un gen nuclear dominante *Ms* con el citoplasma de *Tuberosum* (predominante en los cultivares de los EE.UU. y Europa). También encontraron que la variación en la esterilidad masculina en las progenies $4x-2x$ se debió a la presencia o ausencia de un alelo dominante en un gen restaurador de la fertilidad masculina (*Rt*). Los *loci* de los genes *Ms* y *Rt* se encuentran ubicados muy lejos del centrómero y, de este modo, ambos tienen segregación de cromátidas. Resultados posteriores (Ortiz *et al.* 1993) indican que los citoplasmas de Andígena—la papa tetraploide cultivada en Los Andes— y *S. demissum*—muy común en las variedades mejicanas— no son sensibles y, por lo tanto, no interaccionan con el gen *Ms*. Sin embargo, el citoplasma de *S. stoloniferum* (presente en variedades alemanas o argentinas como “Serrana”) interacciona con el gen *Ms* y transmite a sus progenies un tipo especial de esterilidad masculina, conocida como esterilidad de tetradas (Brown 1984). La fertilidad masculina fue restaurada en la progenie con progenitores macho-estéril, con citoplasma de *Tuberosum*, por la acción del gen *Rt* presente solamente en *Tuberosum*. La frecuencia de este alelo *Rt* fue estimada en 0.20 en *Tuberosum* (Iwanaga *et al.* 1991).

Cuadro 2. Estimación de la frecuencia del alelo *ps* y número de individuos sin polen 2n (n), con polen 2n en una hipotética población híbrida entre *Tuberosum* x *Andígena* con segregación de cromosomas para el *locus ps*.

Tuberosum I = 0.7 ²	Andígena: Frecuencia de alelo <i>ps</i> . = 0.8 (q)				
	P _s P _s P _s P _s p ⁴	P _s P _s P _s p _s 4p3q	P _s P _s p _s p _s 6p2q2	P _s p _s p _s p _s 4pq3	p _s p _s p _s p _s q ⁴
P _s P _s P _s P _s p ⁴	todos n	todos n	todos n	todos n	todos n
P _s P _s P _s p _s 4p3q	todos n	todos n	todos n	todos n	todos n
P _s P _s p _s p _s 6p2q2	todos n	todos n	0 041 35 n: 1 2n	0 108 11 n: 1 2n	0 108 5 n: 1 2n
P _s p _s p _s p _s 4pq3	todos n	todos n	0 063 11 n: 1 2n	0 169 3 n: 1 2n	0 169 1 n: 2 2n
p _s p _s p _s p _s q ⁴	todos n	todos n	0 037 5 n: 1 2n	0 098 1 n: 1 2n	0 098 todos 2n

Nota: Los individuos p_sp_sp_sp_s (q⁴) = 0.098 + 0.098/2 + 0.037/6 + 0.169/4 + 0.063/12 + 0.108/6 + 0.108/2 + 0.108/12 + 0.041/36 = 0.313
Entonces q = 0.74.

1. estimado por Watanabe y Peloquin (1989)
2. estimado por Iwanaga y Peloquin (1982)

La frecuencia del gen *ps*, que condiciona la producción de polen 2n RPD, fue estimada en 0.74 en la población tetraploide del CIP (Ortiz *et al.* 1993). El *locus ps* se encuentra ubicado cerca del centrómero, ya que la estimación del coeficiente de doble reducción, *alpha*, fue igual a cero. Más aún, la frecuencia del gen *ps*, asumiendo segregación de cromosomas para una hipotética población híbrida entre *Andígena* x *Tuberosum*, es también 0.74.

El conocimiento de la genética de la esterilidad masculina y la producción de polen 2n RPD ofrece la

oportunidad de desarrollar híbridos, utilizando cruza- mientos entre haploides de *Tuberosum* y especies diploides. Los híbridos diploides tendrán fertilidad masculina y producción de polen 2n RPD (Fig. 2). Los haploides de cultivares tetraploides de *Tuberosum*, que posean los genes *Rt* y *ps* deberían utilizarse en cruzamientos con especies cultivadas o silvestres, que produzcan polen 2n RPD y que sean portadores del gen *Ms*, el cual interactúa con el cito- plasma de *Tuberosum*. De esta manera, los híbridos diploides HS tendrán fertilidad masculina y produc- ción de polen 2n RPD. Ellos podrán utilizarse en la

Cuadro 3. Plantas con fertilidad (MF) y esterilidad masculina (MS); sin (n) y con polen 2n en híbridos (haploides y especies sil- vestres) agrupadas de acuerdo a su progenitor haploide.

Progenitor haploide (%)	MF/MS	Huancayo ¹			Rhineland ²			
		MF	n/2n (%)	2n	MF/MS	MF (%)	n/2n	2n
W 730 (Rt/rt Ps/ps)	75/10	88	44/31	41	267/55	83	212/5	21
W 973 (rt/rt Ps/ps)	12/6	67	8/2	20	79/25	76	54/25	32
W 1887 (rt/rt Ps/ps)	31/39	44	15/16	52	36/10	78	26/10	28
W 4139 (Rt/rt Ps/ps)	20/2	91	15/5	25	39/4	91	35/4	10

- 1 Ortiz e Iwanaga (1988) datos no publicados.
- 2 Yerk (1987).

introgresión del germoplasma diploide en el nivel tetraploide vía cruzamientos $4x \times 2x$.

Esta propuesta se basa en resultados preliminares que se presentan en el Cuadro 3. Los haploides, extraídos del tetraploide W-231 simplex para los loci **Rt** y **ps** y nulliplex para **Ms**, fueron utilizados en cruzamientos con seis diferentes especies silvestres (*S. bukasovii*, *S. canasense*, *S. gourlayi*, *S. multidissectum*, *S. verrucosum* y *S. vernei*); algunas de ellas son portadoras del gen **Ms** y con polen $2n$ RPD (**ps/ps**). Dos haploides (US W-730 y US W-4139) de W-231 fueron identificados como portadores del gen **Rt** y más del 75% de sus progenies tuvieron fertilidad masculina. Todos los haploides de W-231, utilizados en este experimento fueron heterocigotas para el locus **ps**, y, por lo tanto, su progenie segregó en la producción de polen $2n$ RPD.

Mejoramiento poblacional a nivel diploide y producción de progenie tetraploide a través de poliploidización sexual

El mejoramiento poblacional a nivel diploide con haploides y especies silvestres es necesario para perfeccionar características agronómicas, combinar resistencia a plagas y tolerancia a ambientes extremos. Individuos diploides, con alta frecuencia de gametos $2n$ y características de interés, podrían producirse a través de una selección recurrente y usarse en la producción de progenies tetraploides por medio de la poliploidización sexual bilateral. Un ejemplo hipotético ilustra esta propuesta (Fig. 3).

Los haploides se extraen de cultivares con resistencia a virus: "Pirola" (de Europa), con inmunidad a PVY, y "Atlantic" (de EE.UU.), con inmunidad a

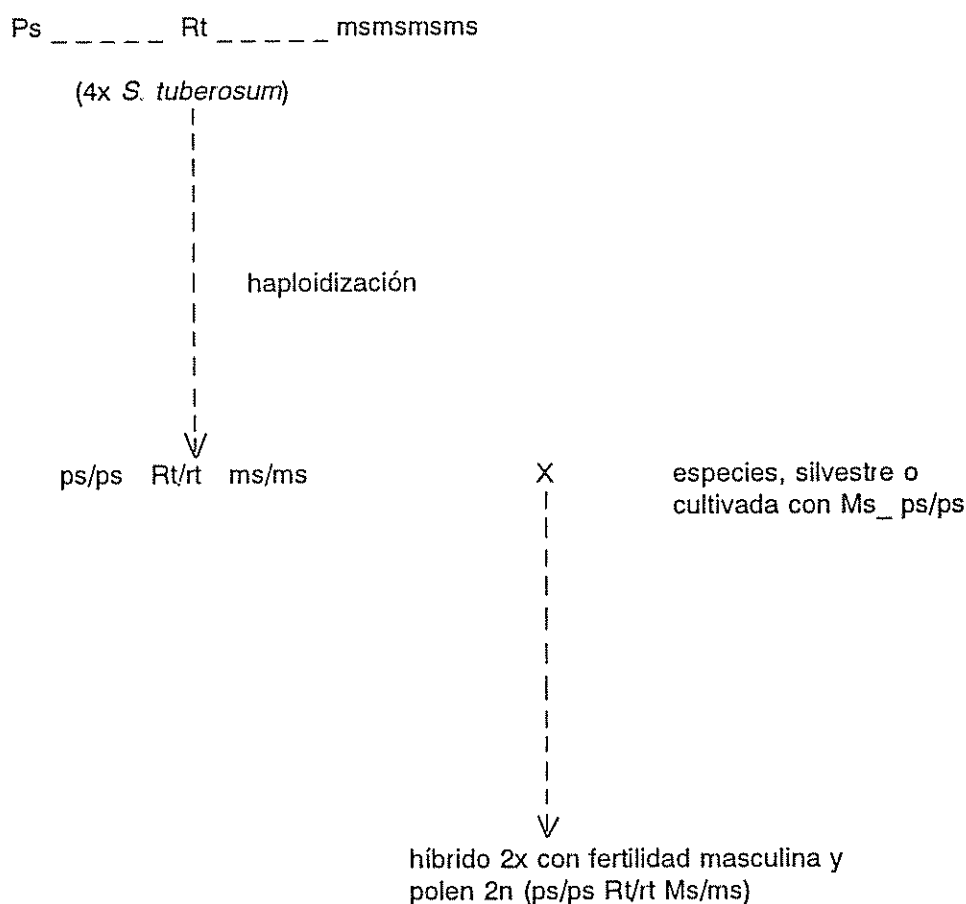
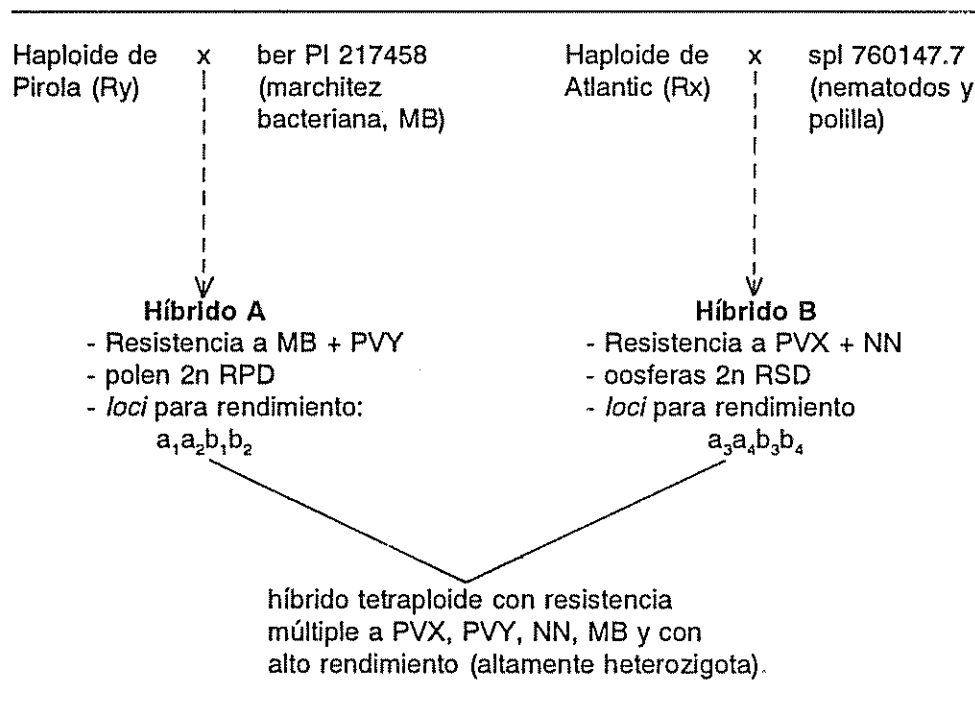


Fig. 2. Extracción de haploides de cultivares tetraploides *Tuberosum* portadores del gen restaurador de fertilidad masculina (**Rt**) y producción de híbridos con especies silvestres con fertilidad masculina y polen $2n$ RPD.



Nota: Locus "a" cerca al centrómero (antes del primer entrecruzamiento) y locus "b" lejano del centrómero (después del primer entrecruzamiento).

Fig. 3. Esquema para obtener híbridos 4x heterocigotas y con resistencia múltiple de cruzamientos entre progenitores diploides con gametos 2n (RSD x RPD).

PVX. Después del tamizado respectivo, los haploides inmunes a cada uno de los virus se aprovechan en cruzamientos con especies silvestres diploides, que tienen características específicas. Por ejemplo, la colección PI 217458 (*S. berthaultii*), con resistencia a la marchitez bacteriana, o el clon CIP 760147.7 (*S. sparsipilum*), con resistencia a los nematodos del nudo y del quiste y a la polilla de la papa, podrían ser las especies diploides por utilizar como potenciales progenitores. Los híbridos -resultado del cruzamiento entre los haploides y las especies diploides silvestres- serán tamizados de acuerdo con las resistencias encontradas en sus respectivos progenitores y por la producción de polen 2n RPD y oosferas 2n RSD. De este modo, individuos que combinen al menos dos resistencias y producción de gametos 2n en cada población, podrían usarse como progenitores en cruzamientos para obtener híbridos tetraploides de alto rendimiento y múltiple resistencia.

Todos los individuos resultantes de tales cruzamientos ($a_1a_2a_3a_4$) serán trialélicos para los loci cercanos al centrómero y, 50% de ellos, tetralélicos ($b_1b_2b_3b_4$) para los loci localizados después del primer entrecruzamiento. Por lo tanto, el alto rendimiento debe esperarse debido a la máxima heterocigosis en la resultante progenie tetraploide (Cuadro 4).

Comparación de métodos convencionales y poliploidización sexual en el mejoramiento para resistencia múltiple a virus y otras pestes

Mackay (1987) propuso un esquema de producción de progenitores tetraploides cuadruplexos o triplexos que combinan inmunidad simultánea a los virus X y Y. Esta metodología consiste en el mejoramiento selectivo combinado con pruebas de progenies de los clones resistentes, utilizando clones susceptibles (nuliplexos: $r_yr_yr_yr_y$ $r_xr_xr_xr_x$) como

Cuadro 4. Transmisión de heterocigosis de progenitores diploides (a_1a_2 , b_1b_2 ; a_3a_4 , b_3b_4) en gametos $2n$. a) *Locus* cercano al centrómero (antes del primer entrecruzamiento) y b) *locus* lejano del centrómero (después del primer entrecruzamiento).

Polen $2n$ RPD <i>Locus a</i>	Oosfera $2n$ RSD		
	<i>Locus b</i>	<i>Locus a</i>	<i>Locus b</i>
100% a_1a_2	25% b_1b_1 50% b_1b_2 25% b_2b_2	50% a_3a_3 50% a_4a_4	100% b_3b_4

Individuos tetraploides de cruzamientos $2x$ (oosferas $2n$) x $2x$ (polen $2n$)		
Genótipo		Frecuencia teórica (%)
$a_1a_2a_3a_3$	$b_1b_1b_3b_4$	12.5
	$b_1b_2b_3b_4$	25.0
	$b_2b_2b_3b_4$	12.5
$a_1a_2a_4a_4$	$b_1b_1b_3b_4$	12.4
	$b_1b_2b_3b_4$	25.0
	$b_2b_2b_3b_4$	12.5

probadores. De este modo, los clones simplexos ($R_xr_xr_xr_x$, $R_yr_yr_yr_y$) se entrecruzan y los clones duplexos ($R_xR_xr_xr_x$, $R_yR_yr_yr_y$) de tales cruzamientos pueden identificarse por la prueba de progeñe. Los clones duplexos se entrecruzan nuevamente o se autofecundan y los clones triplexos ($R_xR_xR_xr_x$, $R_yR_yR_yr_y$) o cuadruplexos ($R_xR_xR_xR_x$, $R_yR_yR_yR_y$), para los genes de inmunidad, se identifican de acuerdo a la prueba de progeñe.

Fitomejoradores del CIP (1988) propusieron otro método que consiste en manipular niveles de ploidia de acuerdo con lo propuesto por Chase (1963) en su esquema de mejoramiento analítico. Los haploides se extraen de progenitores tetraploides, seleccionados por ser inmunes simultáneamente a PVX y a PVY, y se tamizan por resistencia a ambos virus. Aquellos haploides identificados como inmunes a ambos virus (R_x/r_x , R_y/r_y) duplican su número de cromosomas con colchicina (Ross *et al.* 1967) o por medio del cultivo de tejidos (Hermsem *et al.* 1981; Sennino *et al.*

1988) para producir clones tetraploides que serán duplexos en los *loci* con inmunidad controlada para ambos virus. Sin embargo, estos dihaploides (tetraploides obtenidos del doblamiento somático de haploides) no pueden ser utilizados como variedades comerciales, debido al alto nivel de endocria, $F = 0.333$, generado durante el proceso de doblamiento del número cromosómico. Ellos deben utilizarse como progenitores en cruzamientos con material no relacionado y altamente heterocigota. De ese modo, el coeficiente de endocria disminuirá a $F = 0.055$, que no tiene mayor influencia en el rendimiento de los híbridos (Ortiz *et al.* 1986).

El uso del análisis de medias tetradas AMT (Mendiburu y Peloquin 1979) permite la estimación de distancias entre el centrómero y el *locus* en cuestión. Por ejemplo la localización del *locus* para el gen de resistencia a *Globodera rostochiensis* (H_1) se realizó utilizando AMT (Jaarveslag 1986). El cruzamiento $H_1h_1 \times h_1h_1h_1h_1$ produjo 35.3% de progeñe con genótipo nuliplejo ($h_1h_1h_1h_1$) de un total de 153 individuos tetraploides. La distancia gen-centrómero para el *locus* H_1 fue estimada como 14.7 cM (con un intervalo de confianza de 95% de 6.8 - 22.6) basado en la producción de oosferas $2n$ RSD en el progenitor diploide. En forma similar se han localizado los *loci* de los genes de inmunidad para PVY (R_y) y PVX (R_x) (Jaarveslag 1987, 1988). Las distancias entre el centrómero y el *locus* de R_x fueron estimadas entre 30 cM y 39.5 cM, y para R_y aproximadamente en 14.2 cM. De esta manera, la utilización de oosferas $2n$ RSD, en una población inmune a PVX, y de polen $2n$ RPD, en una población inmune a PVY, ofrece la posibilidad de producir híbridos tetraploides con inmunidad a ambos virus a través de cruzamientos $2x \times 2x$ (Cuadro 5). En este sentido, la poliploidización sexual bilateral tiene la ventaja de producir una alta frecuencia no sólo de individuos inmunes a ambos virus, sino también con buen rendimiento.

La poliploidización sexual bilateral puede aprovecharse para combinar en individuos tetraploides resistencias con herencia poligénica como, por ejemplo, aquella contra el nematodo del nudo, *Meloidogyne incognita* (NN), y la inmunidad a los virus X y Y. Iwanaga *et al.* (1989) encontraron que los progenitores diploides resistentes al nematodo del nudo y con polen $2n$ RPD confieren resistencia al 25% aproximadamente de su progeñe en cruzamientos

Cuadro 5. Transmisión de resistencia múltiple utilizando gametos 2n.

a) Resistencia a PVY y PVX.

Gen Ry a 15 cM del centrómero (segregación de cromosomas)

Gen Rx a 35 cM del centrómero (segregación de cromátidas)

Resistencia	Cruzamientos			
	$R_x r_x \times R_y r_y$ (%)	$R_x r_x r_x r_x \times R_y r_y r_y r_y$ (%)	$R_x r_x r_x r_x R_y r_y r_y r_y$ selfed (%)	$R_x R_x r_x r_x \times R_y R_y r_y r_y$ (%)
PVX + PVY	76.3	23.2	60.6	65.5
PVY	16.2	26.8	14.4	17.8
PVX	6.2	23.2	17.8	13.1
Susceptible	1.3	26.8	7.2	3.6

b) Resistencia al nemátodo del nudo (NN) y PVX ó PVY en progenie 4x de cruzamientos 2x x 2x (progenitor femenino inmune a virus y progenitor masculino inmune a NN)

b 1) PVY + NN

b 2) PVX + NN

PVY/NN	25% R	75% S	PVX/NN	25% R	75% S
65% R_y	16.25%	48.75%	82.5% R_x	20.62%	61.88%
	PVY + NN	PVY		PVX + NN	PVX
35% $r_y r_y$	8.75%	26.25%	17.5% $r_x r_x$	4.38%	13.12%
	NN	Susceptible		NN	Susceptible

c) Resistencia triple en progenies 4x de cruzamiento 2x x 2x

Hembra con oosferas 2n RSD	Macho con polen 2n RPD	
	65% R_y	35% $r_y r_y$
75% R-NN * 82.5% R_x	40% PVX + PVY + NN	22% PVY + NN
75% R-NN * 17.5% $r_x r_x$	9% NN + PVY	4% NN
25% S-NN * 82.5% R_x	13% PVX + PVY	7% PVX
25% S-NN * 17.5% $r_x r_x$	3% PVY	2% Susceptible

con progenitores femeninos tetraploides susceptibles. Aproximadamente 16.25% y 20.62% de la progenie tetraploide, provenientes de poliploidización sexual (Cuadro 5b), serán resistentes a PVY + NN y PVX + NN respectivamente. Más aún, Gómez *et al.* (1983) encontraron que los clones resistentes diploides [*S. sparsipilum* x [Phureja x haploide de Tuberosum]] tenían hasta un 60% de progenie invulnerable a tres especies de *Meloidogyne* en cruzamientos con progenitores masculinos tetraploides susceptibles, después de haber tamizado la progenie tetraploide contra la marchitez bacteriana. Por lo tanto, el uso de progenitores diploides con resistencia combinada a NN + PVX y alta frecuencia de oosferas 2n RSD, en cruzamientos con progenitores diploides, inmunes al PVY y con alta frecuencia de polen 2n RPD, producirá

aproximadamente 40% de híbridos tetraploides con resistencia a PVY + PVX + NN.

Comparación de poliploidización sexual versus métodos no convencionales (cultivo de anteras y fusión de protoplastos) en el mejoramiento de papa

Barterls *et al.* (1988) han propuesto que el cultivo de tejidos debe integrarse como una práctica rutinaria en el mejoramiento genético de la papa en varias de sus etapas, para modificar el nivel de ploidía por medio de la extracción de haploides, con el cultivo de anteras y la duplicación del número de cromosomas, para seleccionar células resistentes a bacterias y hongos en diferentes medios, para utilizar el germo-

plasma silvestre a través de la fusión de protoplastos entre especies sexualmente incompatibles y para generar variantes útiles por medio de variación somaclonal.

Sin embargo, se conocen varias limitaciones en la aplicación del cultivo de anteras en papas. Existe una gran variabilidad genética para la regeneración de plantas haploides con el cultivo de anteras (Wenzel *et al.* 1980). Por ejemplo, hay genótipos que carecen de capacidad de regeneración a través de ese procedimiento (Sonnino *et al.* 1989). Es, por ello, que el cultivo *in vitro* no se ha usado con mucho éxito para reducir el nivel de ploidía en los distintos programas de mejoramiento de papas. En este sentido, el uso de inductores de haploidía, como los clones derivados de Phureja 1.22 (University of Wisconsin-Madison) o IvP - 35 (Wageningen) en cruzamientos $4x \times 2x$, son más eficientes en la producción de altas frecuencias de haploides, por medio del desarrollo partenogenético de las oosferas de los cultivos tetraploides de Gp. andigenum o Tuberosum (Peloquin *et al.* 1991).

Por otra parte, el descubrimiento del número de balance endospermico (abreviado EBN, en inglés) por Jonhston *et al.* (1980), en combinación con la utilización de gametos $2n$ y haploides permitió la utilización de varias de las especies tuberíferas y no tuberíferas, que habían sido consideradas sexualmente incompatibles con las especies cultivadas en el germoplasma de *Solanum* (Peloquin *et al.* 1989). Técnicas diversas, que involucran la manipulación de ploidía y/o la utilización de especies "puente", han sido exitosas en la transferencia de germoplasma de especies con distinto EBN (Chávez *et al.* 1988a, 1988b; Ehlenfeldt y Hanneman 1984, 1988; Jonhston y Hanneman 1980). Iwanaga *et al.* (1991) describieron recientemente una técnica muy eficiente, que involucra el uso de doble polinización en combinación con el rescate de embriones para producir tetraploides entre *S. acaule* (2 EBN) \times *Andigena/Tuberosum* (4 EBN).

Es importante señalar que la fusión de protoplastos producirá individuos con alta heterocigosis si ambos progenitores no están relacionados. La transmi-

Cuadro 6. Comparación de poliploidización sexual bilateral versus la utilización de cultivo de anteras y fusión de protoplastos en la utilización de manipulaciones de ploidía en el método analítico sintético en el mejoramiento de papa.

Etapa	Poliploidización sexual	Cultivo de anteras y fusión de protoplastos
1	Extracción de haploides de $4x$ por partenogénesis	
2	Selección por resistencia específica a nivel $2x$	
3	Cruzamientos con especies silvestres para producir HS	Extracción de monoploides por cultivo de antera
4	Selección por resistencia específica y gametos $2n$ a nivel $2x$	Selección por resistencia al nivel x
5	Cruzamiento de progenitores RSD \times RPD con resistencia para producir progenie $4x$	Doblamiento de cromosomas a través de colchicina o cultivo de tejidos
6	Selección de $4x$ de alto rendimiento y con resistencia	
7		Fusión de protoplastos de progenitores híbridos $2x$ para combinar resistencia en $4x$
8		Selección de $4x$ con alto rendimiento y resistencia

sión de la heterocigosis será casi perfecta y las resistencias y/o atributos específicos de los progenitores diploides se podrán combinar en la progenie 4x. No obstante, el mayor problema relacionado con esta técnica reside en que se requieren varios eventos únicos de fusión de protoplastos para evaluar y seleccionar una adecuada combinación (Camadro y Mendiburu 1988). Actualmente, eso es casi imposible, ya que las técnicas para obtener productos por medio de la fusión de protoplastos se aplican a pocos genótipos. Contrariamente, el aprovechamiento de poliploidización sexual bilateral no presenta limitaciones. De esa manera, varios miles de individuos pueden producirse con distintos niveles de heterocigosis y variabilidad genética, dependiendo del modo de formación de gametos 2n y la ocurrencia del entrecruzamiento en cada brazo del cromosoma; así se pueden seleccionar fácilmente los individuos

La comparación entre el esquema de mejoramiento analítico con manipulaciones de ploidía por medio de la poliploidización sexual *versus* el método analítico-sintético, propuesto por Wenzel *et al.* (1980), utilizando cultivo de anteras y fusión de protoplastos (Cuadro 6), demuestra claramente que el uso de la polinización sexual bilateral requiere menos tiempo y recursos que la propuesta de Wenzel *et al.* (1980). De esta manera, la poliploidización sexual bilateral presenta al fitomejorador más ventajas en la producción de variedades híbridas tetraploides de papa con altos rendimientos y resistencia múltiple.

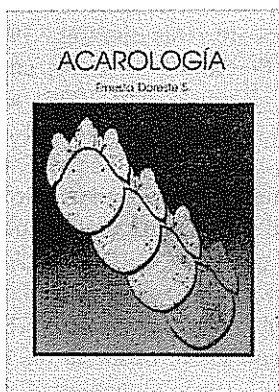
LITERATURA CITADA

- AMOROS, W A ; MENDOZA, H A. 1979 Relationships between heterozygosity and yield in autotetraploid potatoes: Abstract American Potato Journal (EE UU.) 45:455
- BARTERLS, D.; GENHARDT, C.; KNAPP, S.; ROHDE, W.; THOMPSON, R.; UHRIG, h.; SALAMANI, F. 1988 Combining conventional plant breeding procedures with molecular-based approaches. *Genome* 31: 1014-1026.
- BROWN, C.R. 1984 Tetrad sterility: A cytoplasmic-genetic male sterility attractive to bumblebees. *EAPR Abstracts of Conference Papers*. p 101-102
- CAMADRO, E.L.; MENDIBURU, A.O. 1988 Utilización del germoplasma en el mejoramiento de papa. *Revista Latinoamericana de la Papa* 1:35-43
- CHASE, S.S. 1963 Analytical breeding in *Solanum tuberosum* L.: A scheme utilizing parthenotes and other diploid stocks. *Canadian Journal Genetics and Cytology* 5:359-363
- CHAVEZ, R.; BROWN, C.R.; IWANAGA, M. 1988a. Application of interspecific sesquiploidy to introgression of PLRV resistance from non-tuber-bearing *Solanum tuberosum* to cultivated potato germplasm. *Theoretical and Applied Genetics (Alemania)* 61:497-500
- CHAVEZ, R.; BROWN, C.R.; IWANAGA, M. 1988b. Transfer of resistance to PLRV titer buildup from *Solanum tuberosum* to a tuber-bearing *Solanum* gene pool. *Theoretical Applied Genetics (Alemania)* 76:129-135
- DARMO, E.; PELOQUIN, S.J. 1990. Performance and stability of nine 4x potato clones from 4x-2x crosses compared with that of four commercial cultivars. *Potato Research* 33:357-364
- DE JONG, H.; TAI, G.C.C.; RUSSEL, W.A.; PROUDFOOT, K.G. 1981. Yield potential and genotype-environment interactions of tetraploid-diploid (4x-2x) potato hybrids. *American Potato Journal (EE UU.)* 58:191-199
- EHLENFELDT, M.K.; HANNEMAN, R.E. Jr. 1984. The use of endosperm balance number and 2n gametes to transfer exotic germplasm in potato. *Theoretical Applied Genetics (Alemania)* 68:155-161
- EHLENFELDT, M.K.; HANNEMAN, R.E. 1988. The transfer of the synaptic gene (*sy-2*) from 1 EBN *S. commersonii* Dun to 2 EBN germplasm. *Euphytica (Holanda)* 37:181-187
- GOMEZ, P.L.; PLAISTED, R.L.; THURSTON, H.D. 1983. Combining resistance to *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* and *Pseudomonas solanacearum* in potatoes. *American Potato Journal (EE UU.)* 60:353-360.
- HERMSEM, J.G.; RAMANNA, M.S.; ROEST, S.; BOKELMANN, A. 1981. Chromosome doubling through adventitious shoot formation of *in vitro* cultivated leaf explants from diploid interspecific potato hybrids. *Euphytica (Holanda)* 30:239-246.
- HUAMAN, Z.; ROSS, R.W. 1985. Updated listing of potato species names, abbreviations and taxonomic status. *American Potato Journal (EE UU.)* 62:629-641.
- IPC (INTERNATIONAL POTATO CENTER). 1988. Annual Report CIP Lima, Perú. 210 p
- IWANAGA, M.; PELOQUIN, S.J. 1982. Origin and evolution of cultivated 4x potatoes via 2n gametes. *Theoretical and Applied Genetics (Alemania)* 78:329-336

- IWANAGA, M.; ORTIZ, R. 1988. Comparison of the parental value of FDR 2x abd if 4x progenitors in two locations. *American Potato Journal* (EE.UU.) 65:491.
- IWANAGA, M.; JATALA, P.; ORTIZ, R.; GUEVARA, E. 1989. Use of FDR 2n pollen to transfer resistance to root-knot nematodes into cultivated 4x potatoes: Abstract. *Journal of the American Society of Horticultural Science* (EE.UU.) 114:1008-1013.
- IWANAGA, M.; ORTIZ, R.; CIPAR, M.S.; PELOQUIN, S.J. 1991. A restorer gene for genetic cytoplasmic male sterility in cultivated potatoes. *American Potato Journal* (EE.UU.) 68:19-28.
- IWANAGA, M.; FREYRE, R.; WATANABE, K. 1991. Breaking the crossability barriers between disomic tetraploid *S. acule* and tetrasomic tetraploid *S. tuberosum*. *Euphytica* (Holanda) 52:183-191.
- JAARVERSLAG. 1986. Annual Report. The Netherlands, Foundation for Agricultural Plant Breeding. p. 95.
- JAARVERSLAG. 1987. Annual Report. The Netherlands, Foundation for Agricultural Plant Breeding. p. 122.
- JAARVERSLAG. 1988. Annual Report. The Netherlands, Foundation for Agricultural Plant Breeding. p. 122.
- JOHNSTON, S.H.; HANNEMAN, R.E. 1980. Support of the endosperm balance number hypothesis utilizing some tuber bearing *Solanum* species. *American Potato Journal* (EE.UU.) 57:7-14.
- JOHNSTON, S.H.; DEN NIJS, I.P.M.; PELOQUIN, S.J.; HANNEMAN, R.E. JR. 1980. The significance of genic balance to endosperm development in interspecific crosses. *Theoretical Applied Genetics* (Alemania) 57:5-9.
- MACKAY, G.R. 1987. Screening for resistance to diseases and pests. In *The production of new potato varieties: Technological advances*. G.J. Jellis, D.E. Richardson (Eds). Cambridge, Cambridge University Press. p. 88-90.
- MALAGAMBA, P.; MONARES, A. 1988. True potato seed: Past and present uses. *International Potato Center* Lima, Perú. 40 p.
- MENDIBURU, A.O.; PELOQUIN, S.J. 1977. The significance of 2n gametes in potato breeding. *Theoretical and Applied Genetics* (Alemania) 49:53-61.
- MENDIBURU, A.O.; PELOQUIN, S.J. 1979. Gene-centromere mapping by 4x X 2x matings in potato. *Theoretical and Applied Genetics* (Alemania) 45:21-25.
- MENDOZA, H.A.; HAYNES, F.L. 1974. Genetic basis of heterosis for yield in the autotetraploid potato. *Theoretical and Applied Genetics* (Alemania) 49:53-61.
- MOK, D.W.S.; PELOQUIN, S.J. 1975. Breeding value of 2n pollen (diplandroids) in 4x X 2x crosses in potatoes. *Theoretical and Applied Genetics* (Alemania) 46:307-314.
- MOK, D.W.S.; PELOQUIN, S.J. 1975. The inheritance of diplandroid (2n pollen) formation in diploid potatoes. *Heredity* 35:295-302.
- MOK, D.W.S.; PELOQUIN, S.J. 1975. Three mechanisms of 2n pollen formation in diploid potatoes. *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 17:217-225.
- ORTIZ, R.; IWANAGA, M.; HENOSTROZA, A.; CHUJOY, E. 1986. Comparación de progenitores diploides con polen 2n RPD, progenitores tetraploides obtenidos a través de doblamiento con colchicina y tetraploides testigo en papa. In *Congreso Peruano de Genética* (1). Abstract. p. 16.
- ORTIZ, R.; IWANAGA, M. 1986. Manipulaciones de ploidía en papa: Evaluación de características agronómicas en progenies 4x-2x. In *Congreso Peruano de Genética* (1). Abstract. p. 15.
- ORTIZ, R.; IWANAGA, M.; RAMAN, K.V.; PALACIOS, M. 1990. Breeding for resistance to potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), on diploid potatoes. *Euphytica* (Holanda) 50:119-126.
- ORTIZ, R.; PELOQUIN, S.J. 1991. A new method of producing inexpensive 4x hybrid true potato seed. *Euphytica* (Holanda) 57:103-108.
- ORTIZ, R.; PELOQUIN, S.J. 1991. Breeding for 2n egg production in haploid x species 2x potato hybrids. *American Potato Journal* (EE.UU.) 68:691-703.
- ORTIZ, R.; FREYRE, R.; IWANAGA, M.; PELOQUIN, S.J. 1991. Efficiency of 4x X 2x breeding scheme in potato for multitrait selection and progeny testing. *Theoretical and Applied Genetics* (Alemania) 82:602-608.
- ORTIZ, R. 1991. Efficiency of potato breeding using 2n gametes: Male sterility and 2n pollen in 4x potato. Tesis Ph.D., University of Wisconsin, Madison. 291 p.
- ORTIZ, R.; PELOQUIN, S.J. 1991. Recurrent selection for FDR 2n pollen and SDR 2n eggs in potato. *Journal of Breeding and Genetics* 46:383-390.
- ORTIZ, R.; FREYRE, R.; IWANAGA, M.; PELOQUIN, S.J. 1991. Response to day length and yield stability of 4x x 4x and 4x x 2x hybrids in potato: Abstract. *American Potato Journal* (EE.UU.) 68:626.
- ORTIZ, R.; PELOQUIN, S.J. 1991. Utilization of exotic germplasm in potato through 2x x 2x crosses. In *Symposium on Plant Breeding in the 1990's: Abstracts*. North Carolina State University, Raleigh, Dept. of Crop Science Research. Report no. 130. p. 81.

- ORTIZ, R.; IWANAGA, M.; PELOQUIN, S.J. 1993. Male sterility and $2n$ pollen in $4x$ progenies derived from $4x \times 2x$ and $4x \times 4x$ crosses in potatoes. *Potato Research*. (En prensa).
- PELOQUIN, S.J.; JANSKY, S.H.; YERK, G.L. 1989. Potato cytogenetics and germplasm utilization. *American Potato Journal* 66:629-638.
- PELOQUIN, S.J.; WERNER, J.E.; YERK, G.L. 1991. The use of potato haploids in genetics and breeding. In *Chromosome engineering in plants. Part B*. P.K. Gupta, T. Tsuchiya (Eds). Essex, England, Elsevier. p. 79-92.
- PELOQUIN, S.J.; ORTIZ, R. 1992. Techniques for introgressing unadapted germplasm to breeding populations. In *Plant breeding in the 1990's*. H.T. Stalker (Ed). CAB International. p. 485-507.
- ROSS, T. W.; DIONNE, L. A.; HOUGAS, R.W. 1967. Doubling chromosome number of selected *Solanum* genotypes. *European Potato Journal* 10:37-52.
- SONNINO, A.; IWANAGA, M.; HENOSTROZA, A. 1988. Chromosome number doubling of $2x$ potato lines with diverse genetic background through tissue culture. *Potato Research* 31:627-632.
- SONNINO, A.; TANAKA, S.; IWANAGA, M.; SCHILDERENTSCHELER, L. 1989. Genetic control of embryo formation in anther culture of diploid potatoes. *Plant Cell Reports* 8:105-107.
- WATANABE, K.; PELOQUIN, S.J. 1989. Occurrence of $2n$ pollen and *ps* gene frequencies in cultivated groups and their related wild species in tuber-bearing *Solanums*. *Theoretical and Applied Genetics (Alemania)* 8:329-336.
- WENZEL, G.; MEYER, C.; UHRIG, H.; SCHIEDER, O. 1980. Current status of exploitation of monohaploid and protoplast fusion and potential in potato breeding. In *Planning Conference on Utilization of Genetic Resources of the Potato (3.)*. Report. CIP p. 169-183.
- WERNER, J.E.; PELOQUIN, S.J. 1990. Inheritance of two mechanisms of $2n$ egg formation in $2x$ potatoes. *Journal Heredity (EE UU)* 81:371-374.
- WERNER, J.E.; PELOQUIN, S.J. 1992. Yield and tuber characterization of $4x$ progeny from $2x \times 2x$ crosses. *Potato Research*. (En prensa).
- YERK, G.L. 1987. Generation of $2n$ pollen producing haploid tuberosum wild species hybrids in potato. Tesis M.Sc. University of Wisconsin, Madison. 101 p.
- ZIMMOCH-GUZOWSKA, E. 1986. Breeding of diploid potatoes an associated research in the Institute for Potato Research in Poland. In *Potato research of tomorrow*. A.G.B. Beekman, K.M. Louwes, L.M.W. Dellaert, A.E.F. Neele (Eds.). Wageningen, The Netherlands, Pudoc. p. 115-119.

LIBRO RECOMENDADO



Acarología. E. Doreste S. 2a. ed. 1988. 410 p.
ISBN 92-9039-133 2.

Profundiza en sus 13 capítulos, 12 cuadros y 94 figuras, aspectos relevantes de esta disciplina científica. La exposición metodológica y amplia descripción de los ácaros hacen de esta obra una valiosa fuente de referencia y consulta en taxonomía, metodología de control y descripción gráfica. Constituye un gran aporte a la educación agropecuaria superior en América Latina y el Caribe.

US\$12.00

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.

Identification and Distribution of Melon-Infecting Viruses and Their Vectors in Two Provinces of Costa Rica¹

C. Rivera*, W. Villalobos*, M.V. Sánchez*,
C. Zumbado**, C.M. Rodríguez*

ABSTRACT

Papaya ringspot virus (PRSV), watermelon mosaic virus II (WMV-II), cucumber mosaic virus (CMV), and zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) were identified by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) in melon in Guanacaste and Puntarenas, the major melon production areas in Costa Rica. These viruses were found, as single and mixed infections in most test samples. Virus disease and aphid surveys were conducted during three growing seasons. PRSV and CMV were the most prevalent and commonly occurring viruses and *Aphis gossypii* (Glover) was the most common aphid vector found. An increase in the *A. gossypii* populations at the end of the growing seasons was followed by an increase in virus incidence.

Key words: Epidemiology, potyviruses, cucumoviruses, aphids.

COMPENDIO

El virus de la mancha anular de la papaya o "papaya ringspot virus" (PRSV), el virus del mosaico de la sandía II o "watermelon mosaic virus II" (WMV-II), el virus del mosaico del pepino o "cucumber mosaic virus" (CMV) y el virus del mosaico amarillo del zucchini o "zucchini yellow mosaic virus" (ZYMV) fueron identificados en melón, mediante el experimento inmunsorbente de enzima ligada (ELISA), en las provincias de Guanacaste y Puntarenas en Costa Rica. Los virus se encontraron tanto en infecciones simples como en las mixtas hasta con los cuatro virus. Mediante experimentos realizados en el campo durante las épocas de siembra de tres años, se determinó que PRSV y CMV fueron los virus que se presentaron con mayor incidencia, y fue *Aphis gossypii* (Glover) el áfido encontrado con mayor frecuencia. Un aumento en las poblaciones de este último se observó al final de las épocas de siembra, seguido de un aumento en la incidencia de virus.

INTRODUCTION

Melón (*Cucumis melo* L.) is one of Costa Rica's most important nontraditional export crop. The commercial production of melon for export began in 1984 with a total area of 50 ha. By 1992, 3000 ha were dedicated to this crop (CINDE 1992). Melon is grown predominantly in Guanacaste and Puntarenas provinces. In most areas, melons are planted consecutively at 1-wk

intervals through November to March, under irrigation and often the plantings are near one another.

One of the most important limitations on melon production in Costa Rica are virus diseases. Papaya ringspot virus (PRSV) (Purcifull *et al.* 1984), cucumber mosaic virus (CMV) (Francki *et al.* 1979), watermelon mosaic virus II (WMV-II) (Purcifull *et al.* 1984), zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) (Lisa and Lecoq 1984), squash mosaic virus (SqMV) (Campbell 1971), and geminiviruses frequently infect melon and other cucurbits worldwide (Adlerz *et al.* 1983; Avgelis 1989; Brown and Nelson 1986; Davis and Mizuki 1987; Delgadillo *et al.* 1987; Dodds *et al.* 1983; Lastra 1986; Milne *et al.* 1969; Milne 1987; Nameth *et al.* 1985; Nameth *et al.* 1986; Ullman *et al.* 1991). In Costa Rica, PRSV and CMV have been associated with a severe mosaic that affects melons in Guanacaste (Rivera *et al.* 1991). This paper reports the identification, incidence, and

¹ Received for publication on March 15, 1994

This research was funded by Coalición de Iniciativas para el Desarrollo (CINDE), Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Melón de Costa Rica and University of Costa Rica.

* Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular, Universidad de Costa Rica, C.R.

** CINDE, San José, C.R.

distribution of viruses infecting melon in Costa Rica and the identification and population dynamics of the aphid vectors.

MATERIALS AND METHODS

Data collection

Surveys were conducted in lowland areas of the Pacific coast (Table 1) during the growing seasons (November to March) of 1988-1989, 1989-1990 and 1990-1991 (hereafter referred to as the 1989, 1990 and 1991 growing seasons). A total of 15 farms growing melons were sampled: twelve growing melons were located in Guanacaste, and three in Puntarenas. At the beginning of the growing season, an early planting was selected on those farms (Table 1), and it was evaluated for eight weeks. During the 1989 growing season, only one plot was studied on all farms. During 1990 and 1991, a second and a third plot were also studied in some farms (Table 1), corresponding to mid-season and late plantings. The number of plots evaluated was determined by the duration of the growing season, up to a maximum of three plots per farm. Two sampling areas of 30 x 30 m were established, located at the northern and

southern corners of each plot. Data for three types of surveys were collected in these sampling areas. First, 100 plants were randomly selected and examined for mosaic symptoms each week for six to eight weeks. This procedure gave an estimate of the overall virus incidence based on symptomatic plants at the last reading date.

The second type of survey involved the serological assay of some symptomatic plants found in the first survey by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) (Voller *et al.* 1977). A maximum of 10 symptomatic plants per sampling area per week was collected at random during the 1989 and 1990 seasons, up to eight weeks. During the 1991 season, samples were only collected at three and six weeks after crop emergence. A total of 116, 714, and 228 samples were tested by ELISA during 1989, 1990 and 1991, respectively. Coating antibodies, enzyme-conjugated antibodies against PRSV, CMV-vi, WMV-II and ZYMV, as well as ELISA protocols from Agdia, Inc., Indiana, were used.

ELISA reactions were measured spectrophotometrically at 405 nm using a MR 700 Microplate Reader. Positive controls consisted of *Cucurbita pepo* leaf tissue extracts from plants infected separately with each of the four viruses tested. Negative controls consisted of healthy *C. pepo* leaf tissue extracts. Positive and negative controls were maintained in a greenhouse. Samples were considered positive if the $A_{405\text{ nm}}$ values were equal or greater than the mean healthy plant controls ($n=4$), plus three standard deviations.

The third type of survey was the collection and identification of alate aphids. Aphids were collected weekly in 225 cm² yellow-pan water traps containing a 50% solution of ethylene glycol and water. One trap per sampling area was located above the plant canopy. Aphids were stored in 70% ethanol and later identified with taxonomic keys (Holman 1974; Medler and Ghost 1969).

RESULTS

Virus incidence

During the three growing seasons, the highest virus incidence in the early plots was 4.5%, 18.5%, and 16.5% respectively (Table 2). In both growing

Table 1. Number of melon plots evaluated in each farm during the 1989, 1990, and 1991 growing seasons.

Farm	Province	Number of plots		
		1989	1990	1991
A	Guanacaste	1	2	
B	Guanacaste	1		
C	Guanacaste	2		
D	Guanacaste	2		
E	Guanacaste	2	3	
F	Guanacaste	1	1	
G	Guanacaste	1	3	3
H	Puntarenas	2	2	
I	Puntarenas	1		
J	Guanacaste		3	
K	Puntarenas			1
L	Guanacaste	1		
M	Guanacaste	1		
N	Guanacaste	1		
O	Guanacaste	1		

seasons when mid-and late-planted plots were studied (1990 and 1991) an increase of virus incidence was observed in the latest plantings for most farms, reaching highest values of 52.5% and 73.5% for the 1990 and 1991 growing seasons, respectively. No incidence increase was observed on farm J in the last plot (Table 2).

Identification and distribution of viruses

From a total of 116 samples analyzed by ELISA, 106 were positive to CMV and/or PRSV in 1989. Both viruses were observed in single and mixed infections, with single infections being higher than 60%. During the 1990 and 1991 growing seasons, WMV-II and ZYMV were also detected, in addition to CMV and PRSV (Figs. 1 and Fig. 2). Two exceptions were observed during the last two growing seasons: ZYMV was not detected on farm H during 1990, but it was present during the 1991 growing season; and CMV and WMV-II were not detected in farm K during 1991 (Figs. 1 and 2). During the 1990 season, 624 samples tested positive by ELISA from a total of 714; and 204 from a total of 228 during 1991. The four viruses were found infecting the crop in single and mixed infections, with mixtures of two, three, or four viruses in all possible combinations.

The percentage of single infections was higher than that of the mixed infections for most farms (B, C, E, F, H and I) during the 1990 growing season (Table 3). During the 1991 season, the percentage of single and mixed infections was similar for farms E, G, and J, close to 50%, with a variation of 20% for farms E and G. Farms H and K had predominantly single infections, 65% and 100% respectively (Table 3).

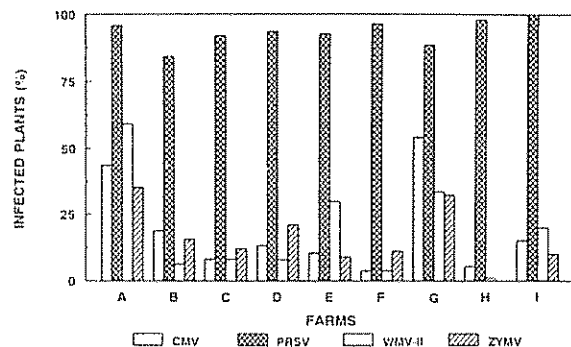


Fig. 1. Percentage of infected plants (tested by ELISA) for each farm during the 1990 growing season.

CMV = cucumber mosaic virus, PRSV = papaya ringspot virus, WMVII = watermelon mosaic virus II, and ZYMV = zucchini yellow mosaic virus.

Table 2. Highest virus incidence observed in each plot during the three growing seasons.

Farms	Highest incidence per growing season in each plot						
	1989		1990		1991		
	1	1	2	3	1	2	3
A	4.0	3.5	13.5				
B		8.5					
C		0.5	19.5				
D		18.5	52.5				
E		6.0	52.0		3.5	3.0	73.5
F	4.5	5.0					
G	0.5	1.5	13.5	44.5	16.5	12.5	42.5
H		4.0	25.0		11.0	15.0	
I			8.5				
J					7.5	1.0	5.5
K					7.5		
L	1.0						
M	3.5						
N	1.5						
O	2.5						

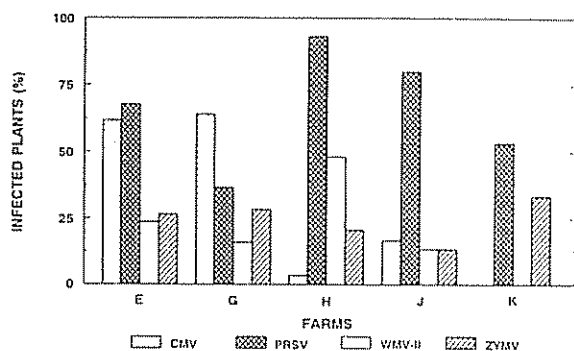


Fig. 2. Percentage of infected plants (tested by ELISA) for each farm during the 1991 growing season.

CMV = cucumber mosaic virus, PRSV = papaya ringspot virus, WMV-II = watermelon mosaic virus II, and ZYMV = zucchini yellow mosaic virus.

Table 3. Percentage of single and mixed infections for each farm for the 1990 and 1991 growing seasons. Data based on ELISA test.

Farms	Type of infection per growing season			
	1990		1991	
	Single	Mixed	Single	MIXED
A	38.0	62.0	— ^a	—
B	73.3	26.7	—	—
C	92.0	8.0	—	—
D	12.5	87.5	—	—
E	82.6	17.4	40.6	59.4
F	81.5	18.5	—	—
G	38.9	61.1	59.6	40.4
H	95.8	4.2	65.5	34.5
I	84.6	15.4	—	—
J	—	—	50.0	50.0
K	—	—	100.0	0

^a These farms were not sampled in this season.

PRSV was the most prevalent virus in all farms. More than 90% of tested samples were PRSV positive by ELISA in the 1990 growing season. CMV, WMV-II and ZYMV incidence was lower than 30% for most of the farms, the exceptions being farms A and G. During the 1991 season, the PRSV incidence decreased and that of the other viruses generally increased, as compared to the 1990 growing season. CMV incidence was higher than 60% in farms E and

G, but lower than 30% in farms H and J. The incidence for the other two viruses ranged between 15% and 45% for WMV-II and between 15% and 30% for ZYMV (Fig. 2).

Aphid population dynamics

A. gossypii was the most common aphid trapped in melon fields in Costa Rica (Table 4). Winged and wingless (the wingless were observed colonizing the crop) forms were observed during the three growing seasons on all farms. For farm G, the alate *A. gossypii* population in the earliest plot was small, but increased rapidly by the last planting (Fig. 3). This situation was also observed for many other farms (data not shown). Those farms which had a considerable increase in aphid populations also showed a significant increase in virus incidence a few days later as observed for farm G (Fig. 3). Those plots where the aphid population was small generally had low virus incidence.

The other aphid species (Table 4) were present at far lower levels than *A. gossypii*, and their presence was erratic.

DISCUSSION

Our results show that the melon virus epidemic composition in commercial fields in Costa Rica has changed drastically in a short time. During the 1989 growing season, a low virus incidence prevailed (Table 2), and only PRSV and CMV were detected in all farms studied (data not shown). During the 1990 and 1991 growing seasons, a progressive increase in virus incidence was observed, and ZYMV and WMV-II were also detected, in addition to CMV and PRSV (Table 2, Figs. 1 and 2). The observed increase in virus diversity and disease incidence over time could be related to the number of seasons the crop has been grown on each farm. Farms with a short farming record (one or two seasons) usually had a lower virus diversity and lower disease incidence than those with a long record (three or more seasons).

The high virus incidence observed in early plantings on farms G and H during the third growing season (Table 2) could be due to an increase in virus infection of susceptible weed hosts, as well as of aphid-vector host plants, near the melon fields. The

progressive increase in virus incidence observed during the last plantings in the 1990 and 1991 growing seasons for most farms (Table 2) could be a consequence of the intensive melon farming system used in Costa Rica, with weekly plantings each season. These conditions could allow the colonization of the melon by *A. gossypii*, the establishment of a large population of alate aphid forms, and a rapid spread of virus from older to younger plants.

A similar situation was reported by Ullman *et al.* (1991), and Davis and Mizuki (1987) on the Hawaiian Islands and New Jersey, respectively. Even though melon plantings are spatially and temporally isolated by plantings with nonsusceptible crops, melon viruses and *A. gossypii* have wide host ranges. The diversity of the weed community observed nearby the melon fields in Costa Rica (Sanchez *et al.*, personal communication) provides the conditions and opportunities for many viruses and aphid species to survive during the melon-crop-free periods. The type and quantity of alternative host species will determine the primary aphid and virus inoculum for the next growing season. The four viruses detected infecting melon in Costa Rica have often been reported for this crop and for other cucurbits all over the world. Mixed infections like those found in Costa Rica (Table 3) have also been reported for melon in other countries (Adlerz *et al.* 1983; Delgadillo *et al.* 1987; Lastra 1968; Milne *et al.* 1969; Ullman *et al.* 1991).

Our results indicate that *A. gossypii* is the most prevalent vector of these viruses in Costa Rica (Table 4). It is often reported as an efficient vector of the melon viruses found in this research (Castle *et al.* 1992; Eastop 1983; Francki *et al.* 1979; Lisa and Lecoq 1984; Purcifull *et al.* 1984; Purcifull *et al.* 1984; Wang *et al.* 1992). Nelson and Tuttle (1969) and Adlerz (1973) did not find a relationship between the increase in *A. gossypii* population and the increase in disease incidence, as it was observed in farm G (Fig. 3) and other farms in this study (data not shown). The other aphid species captured in our study had been reported as vectors of some melon viruses (Francki *et al.* 1979; Lisa and Lecoq 1984; Purcifull *et al.* 1984; Purcifull *et al.* 1984), but their low incidence and erratic appearance (Table 4) make them insignificant factors in the spread of melon viruses in Costa Rica, and therefore they can be excluded as major vectors of the viruses.

Table 4. Total number of aphid species collected during the three growing seasons.

Aphid species	Aphids per growing season (no.)		
	1989	1990	1991
<i>Aphis gossypii</i>	3 894	2 810	2 921
<i>Myzus persicae</i>	0	9	2
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	1	0	1
<i>Rhopalosiphum padi</i>	1	0	0
<i>Aphis spiricola</i>	42	9	15
<i>Pentalonia nigronervosa</i>	0	9	12
Others species ^{1a}	39	50	153

^{1a} None of these species has been reported as a virus vector for any of the viruses found infecting melon in Costa Rica.

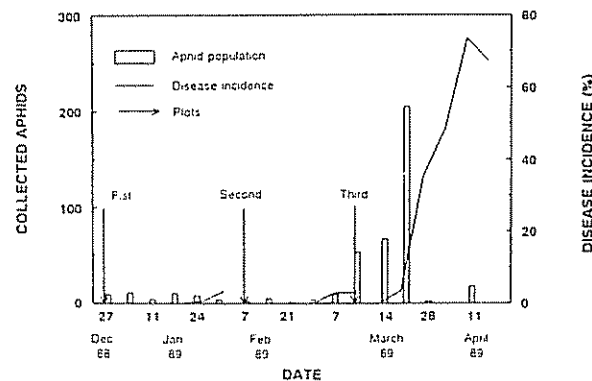


Fig. 3. Total virus incidence and aphid population dynamics for farm G during the 1989 growing season. Three planting plots were studied during this season.

Additional epidemiological studies on alternative plant hosts and the aphid vectors of the viruses infecting melon are being conducted. The knowledge acquired in studies of melon virus epidemics will help establish integrated conventional control measures, and in the near future will permit exploration of non-conventional protection, such as coat protein-mediated insulation.

LITERATURE CITED

- ALDERZ, W.C. 1973. Spring aphid flights and incidence of watermelon mosaic viruses I and II in Florida. *Phytopathology* 64:350-353.

- ADLERZ, W. C.; PURCIFULL, D. E.; SIMONE, G. W.; HIEBERT, E. 1983. Zucchini yellow mosaic virus: Pathogen of squash and other cucurbits in Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 96:72-74.
- AVGELIS, A. 1989. Occurrence of squash mosaic virus in melons in Greece. *Plant Pathology* 38:111-113.
- BROWN, J. K.; NELSON, M. R. 1986. Whitefly-borne viruses of melons and lettuce in Arizona. *Phytopathology* 76:236-239.
- CAMPBELL, R. N. 1971. Squash mosaic virus. In *Description of plant viruses*. Surrey, England, Association of Applied Biology.
- CASTLE, S. J.; PERRING, T. M.; FARRAR, C. A.; KISHABA, A. N. 1992. Field and laboratory transmission of watermelon mosaic virus 2 and zucchini yellow mosaic virus by various aphid species. *Phytopathology* 82:235-239.
- CINDE (COALICION DE INICIATIVAS PARA EL DESARROLLO) DIVISION AGRÍCOLA. 1992. Perfil del cultivo de melón. Departamento de Desarrollo de Proyectos, Sección de Análisis de Proyectos. 16 p.
- DAVIS, R. F.; MIZUKI, M. K. 1987. Detection of cucurbit viruses in New Jersey. *Plant Disease* 71:41-44.
- DELGADILLO, F.; VEGA, P. A.; GARZON, T. J. 1987. Identificación y distribución de los virus de melón en el Valle de Apatzingán, Michoacán. *Revista Mexicana de Fitopatología* 51:17-20.
- DODDS, J. A.; LEE, J. G.; NAMETH, S. T.; LAEMMLEN, F. F. 1983. Aphid- and whitefly-transmitted cucurbit viruses in Imperial County, California. *Phytopathology* 74:221-225.
- EASTOP, V. F. 1983. The biology of the principal aphid virus vector. In *Plant virus epidemiology: The spread and control of insect-borne viruses*. R. T. Plumb, J. M. Thresh (Eds.). London, Blackwell Scientific Publications. 377 p.
- FRANCKI, R. I. B.; MOSSOP, D. W.; HATTA, T. 1979. Cucumber mosaic virus. In *Campbell, R. N. 1971. Description of plant viruses*. Surrey, England, Association Applied Biology.
- HOLMAN, J. 1974. Los áfidos de Cuba. La Habana, Instituto Cubano del Libro. 304 p.
- LASTRA, R. 1968. Occurrence of cucurbit viruses in Venezuela. *Plant Disease Reporter* 52:171-174.
- LISA, V.; LECOQ, H. 1984. Zucchini yellow mosaic virus. In *Campbell, R. N. 1971. Description of plant viruses*. Surrey, England, Association Applied Biology.
- MEDLER, J. T.; GHOSH, A. K. 1969. Key to species of alate aphids collected by suction, wind, and yellow-pan water traps in the north central states, Oklahoma and Texas. North Central Regional Publication no. 192. Research Bulletin no. 277. 99 p.
- MILNE, R. G.; GROGAN, R. G.; KIMBLE, K. A. 1969. Identification of viruses infecting cucurbits in California. *Phytopathology* 59:819-828.
- MILNE, R. G. 1987. The economic impact of filamentous viruses. In *The plant viruses*. R. G. Milne (Ed.). New York, Plenum Press. v. 4. p. 331-407.
- NAMETH, S. T.; DODDS, J. A.; PAULUS, A. O.; KISHABA, A. 1985. Zucchini yellow mosaic virus associated with severe diseases of melon and watermelon in southern California desert valleys. *Plant Disease* 69:785-788.
- NAMETH, S. T.; DODDS, J. A.; PAULUS, A. O. 1986. Cucurbit viruses of California: An ever-changing problem. *Plant Disease* 70:8-12.
- NELSON, M. R.; TUTTLE, M. D. 1969. The epidemiology of cucumber mosaic and watermelon mosaic II of cantaloupes in arid climates. *Phytopathology* 59:849-856.
- PURCIFULL, D. E.; EDWARDSON, J.; HIEBERT, E.; GONSALVES, D. 1984. Papaya ringspot virus. In *Campbell, R. N. 1971. Description of plant viruses*. Surrey, England, Association Applied Biology.
- PURCIFULL, D. E.; HIEBERT, E.; EDWARDSON, J. 1984. Watermelon mosaic virus 2. In *Campbell, R. N. 1971. Description of plant viruses*. Surrey, England, Association Applied Biology.
- RIVERA, C.; RAMIREZ, P.; RODRIGUEZ, C. M. 1991. Papaya ringspot virus and cucumber mosaic virus associated with a severe mosaic in melon in Costa Rica. *Turrialba* 41(3). (In press).
- ULLMAN, D. E.; CHO, J. J.; GERMAN, T. L. 1991. Occurrence and distribution of cucurbit viruses in the Hawaiian Islands. *Plant Disease* 75:367-370.
- VOLLER, A.; BARLETT, A.; BIDWELL, D. E.; CLARK, M. F.; ADAMS, A. N. 1977. The detection of viruses by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Journal of General Virology* 33:165-167.
- WANG, H. L.; GONSALVES, D.; PROVIDENTI, R.; ZITTER, T. A. 1992. Comparative biological and serological properties of four strains of zucchini mosaic virus. *Plant Disease* 76:530-535.

Contenido de Hule y Características Agronómicas del Guayule¹

B.A. López,* K. Sathyanarayanaiah*, F. Borrego*

ABSTRACT

Introductions of guayule (*Parthenium argentatum* Gray) from the USA were evaluated for rubber content and some agronomic traits at the Arid Zones Experimental Fields of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Méx. The analysis of variance for plant height, top diameter, plant dry weight and rubber content indicated important variability, suggesting the possibility of improving the genetic material through simple selection. Because the percentage of rubber was based on dry weight, lines with a high percentage of rubber were not always the same as those that contained the greatest amount (grams) of rubber per plant. Introductions G-48118, G-12231, G-11604, G-11605 and G-11619 showed the best average rubber content in grams per plant in the experiments at Buenavista y Ocampo, Coahuila, at four and two years old respectively. Introductions G-48118, G-11604 and G-11605 also showed a high rubber content in three-year-old experiments at Ocampo and Buenavista, Coahuila, Mex.

RESUMEN

El contenido en hule de un grupo de introducciones de guayule, procedentes de Estados Unidos de América, se evaluó en los campos experimentales de las zonas áridas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Méx. Los análisis de variancia para la altura de la planta, diámetro de copa, peso seco de planta y contenido de hule revelaron una importante variabilidad, que ofrece la oportunidad de mejorar esos materiales mediante selección directa. Las introducciones destacadas por su alto porcentaje de hule, no necesariamente lo fueron por su alto contenido de hule en gramos promedio por planta. De acuerdo con este criterio, sobresalieron las introducciones G-48118, G-12231, G-11604, G-11605 y G-11619 en los experimentos de Buenavista y Ocampo, Coahuila, a los cuatro y dos años de edad, respectivamente. Las introducciones G-48118, G-11604 y G-11605 descollaron también por su alto porcentaje de hule a los tres años de edad, tanto en Ocampo como en Buenavista, Coahuila, Méx.

Palabras clave: Agronomía, *Parthenium argentatum*, evaluación, fitomejoramiento, hule, guayule.

INTRODUCCION

La posibilidad de incorporar nuevas especies a la producción agrícola, particularmente en áreas marginadas con suelos pobres y limitaciones de agua, ha atraído la atención de los investigadores agrícolas sobre especies adaptadas a esas condiciones. El objeto es crear variedades mejoradas y generar la tecnología necesaria para su producción y explotación bajo cultivo.

El guayule, *P. argentatum* Gray, es nativo de las zonas áridas de la Mesa Centronorte de México; prospera en forma natural en colinas y pendientes con suelos calcáreos y pedregosos. El clima se caracteriza por precipitaciones de 250 mm a 380 mm y temperaturas mínimas ocasionales de -10° C en invierno y máximas de 40° C en verano. En estas condiciones, que determinan su hábitat natural, el guayule puede vivir hasta 30 años y crecer hasta 1.5 m de altura sin disturbios ecológicos. Su importancia económica consiste en que aproximadamente el 10% de su peso seco es hule natural (Hammond y Polhamus 1965).

Con el objeto de domesticar y explotar esta especie bajo cultivo, Lloyd (1911) describió, entre otros, su botánica, hábitat natural, reproducción, formación de hule y prácticas culturales. Siguieron a este estudio trabajos más específicos sobre genética y mejora-

1 Recibido para publicación el 3 de setiembre de 1992
Contribución del Proyecto de Mejoramiento Genético de Guayule, Programa de Investigación en Especies de Zonas Áridas con Potencial

* Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. Méx.

miento (Powers 1945; Powers y Rollins 1945; Rollins 1945; Stebbings y Kodani 1944) y aspectos agronómicos (Benedict 1950; Hammond 1959; McCallum 1941), que permitieron crear una tecnología para su explotación comercial bajo cultivo.

La producción comercial de hule de guayule nativo en México, cultivado en EE.UU., alcanzó su más alto nivel durante la Segunda Guerra Mundial, y se suspendió por completo al término de ésta (McCallum 1941). Recientemente ha despertado de nuevo el interés por esta especie, con el objeto de crear nuevas variedades mejoradas de alta producción de hule y actualizar la tecnología de producción. En busca de germoplasma para ampliar su programa de mejoramiento genético, Naqvi y Hanson (1980) analizaron la distribución y ecología de las poblaciones nativas de guayule en México. Nivert *et al.* (1977) realizaron un estudio económico preliminar de la producción de hule de guayule, pero los mayores esfuerzos de la investigación se orientaron a la recolección de germoplasma y al mejoramiento genético.

En un análisis citológico de recolección de germoplasma nativo, Kuruvadi *et al.* (1986) observaron niveles de ploidía de 2x, 3x, 4x y 5x. Tipton y Greeg (1982) estudiaron selecciones de guayule de Texas y señalaron una variación amplia en el contenido de hule en poblaciones nativas; lo mismo encontraron López y Kuruvadi (1987) en poblaciones nativas de Durango. Naqvi (1985) analizó la variabilidad del contenido de hule en las variedades comerciales obtenidas en EE.UU. y concluyó que, por medio de la selección de esos materiales, es posible derivar líneas de mayores contenidos de hule.

El objetivo de este estudio fue evaluar en las zonas áridas del estado de Coahuila el potencial de producción de hule a los dos años, tres años y cuatro años de edad y algunas características agronómicas en selecciones de guayule, obtenidas de variedades mejoradas introducidas de Estados Unidos de América.

MATERIALES Y METODOS

El material vegetal para este estudio procedía del Laboratorio de Servicio de Almacenamiento de Semillas de Fort-Collins, Colorado, EE.UU. Consistió de 21 líneas derivadas por selección o hibridación y selección de poblaciones nativas de México, particu-

larmente de Coahuila y Durango (Hammond y Polhamus 1965).

Una vez introducidas estas líneas al programa de guayule de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), se sembraron en almácigos en invernadero y, después de tres meses, se trasplantaron a los campos experimentales de Buenavista y Ocampo, en Coahuila, durante abril de 1985. En cada localidad se estableció un experimento con 21 líneas como tratamientos, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental consistió de cuatro surcos de 10 m de longitud por tratamiento. La distancia entre surcos fue de 80 cm y de 75 cm entre las plantas en un mismo surco. Experimentos similares se realizaron en Buenavista y Ocampo durante 1980 y 1982.

En todos los casos se aplicó un riego inmediatamente después del trasplante y otro a los 15 días para facilitar la fijación. Posteriormente se aplicaron dos riegos por año: uno en agosto y otro en la primavera, al inicio de la floración.

Las evaluaciones del contenido de hule se hicieron a los tres años de edad en los primeros experimentos establecidos en Buenavista y Ocampo; en el segundo experimento en Buenavista, a los cuatro años y, a los dos años, en el tercer experimento en Ocampo. Con ese fin se tomó una muestra de cinco plantas al azar, la cual se analizó por repetición. Para la muestra se tomó la rama inferior de cada una de las cinco plantas escogidas. A estas ramas se les practicó en laboratorio un análisis de contenido de hule, según el método de Holmes y Robin (1947).

Los datos agronómicos se tomaron de las cinco plantas escogidas al azar. Las muestras para análisis de hule se realizaron de la siguiente manera:

- Altura de la planta. Se midió desde la superficie del suelo hasta la punta de la hoja más alta.
- Diámetro de copa. Promedio de dos lecturas transversales de la copa de la planta.
- Peso seco de planta. Deshidratación completa hasta peso constante.
- Porcentaje de hule. Contenido de hule con base en el peso seco.

- Contenido de hule en gramos. Estimación del contenido de hule promedio, según la muestra y la materia seca.

Las medias de las plantas evaluadas por tratamiento en cada parcela se utilizaron para calcular los análisis de variancia.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos provienen de 17 líneas, que se establecieron satisfactoriamente en los diferentes experimentos.

Los datos agronómicos del Cuadro 1 corresponden al experimento de Buenavista. Las medias para las características evaluadas, de acuerdo con el análisis de variancia, indican diferencias significativas entre genótipos.

El Cuadro 2 presenta el porcentaje promedio de contenido de hule para cada línea de los diferentes experimentos y los gramos promedio de hule por planta por línea en los experimentos II y III. Los análisis de variancia indicaron diferencias estadísticas

significativas para esas características entre genótipos. Tanto estas desigualdades como las observadas en la altura de planta, diámetro de copa y peso seco de planta sugieren la posibilidad de utilizar con éxito estos materiales en un programa de mejoramiento genético.

En el experimento I en Buenavista, el porcentaje de hule varió de 5.31% para N-563 a 9.5% para N-593. Las líneas N-573, G-48118, G-12231, G-11591, G-11604, G-11605, y G-11634 se destacaron por su contenido de hule mayor de ocho por ciento. Para ese mismo experimento en Ocampo, el porcentaje de hule varió de 4.15% para G-11646 a 10.56% para G-11600. Las líneas con contenido de hule superior a 8% en esta localidad fueron N-576, G-48118, G-12229, G-11605, G-11609, G-11038 y G-11634. En ambas localidades, durante el mismo año, se destacaron sólo G-48118, G-11605 y G-11634 por su contenido de hule.

En el experimento II, los porcentajes de hule variaron desde 6.9% para N-563 hasta 11.4% para N-593; únicamente cinco líneas superaron el 10 por ciento. Sin embargo, al calcular el contenido de hule promedio por planta, se notó que las líneas con ma-

Cuadro 1. Características agronómicas de las líneas introducidas en Buenavista, 1988.

Línea	Altura de planta (cm)	Diámetro de copa (cm)	Peso seco de planta (g)
N-563	80.9	88.2	833.6
N-573	60.6	70.5	547.7
N-576	86.4	89.3	663.3
N-593	51.7	59.3	421.5
G-48118	77.3	78.3	674.1
G-12229	75.8	80.3	567.7
G-12231	68.0	86.7	777.4
G-11491	75.9	85.6	716.0
G-11600	74.8	83.5	731.5
G-11604	82.5	93.9	952.1
G-11605	64.3	83.3	866.5
G-11609	70.5	83.7	750.6
G-11619	60.7	70.8	421.8
G-11633	55.4	85.3	334.0
G-11634	76.8	88.3	515.9
G-11646	63.1	72.9	843.6
G-11701	63.9	71.7	457.5
D.M.S.05	10.45	8.92	181

Cuadro 2. Contenido de hule en porcentaje y en gramos promedio por planta de 17 introducciones de guayule en Buenavista (BV) y Ocampo (OC) en diferentes evaluaciones.

	Experimento I		Experimento II		Experimento III	
	BV (%)	OC (%)	(%)	(g)	(%)	(g)
N-563	5.31	6.21	6.9	58.6	6.0	20.6
N-573	9.26*	7.23	10.4	54.0	7.43	33.5a
N-576	7.94	8.43*	6.3	43.4		
N-593	9.5*	7.96	11.4	46.4	7.01	29.3
G-48118	8.53	9.19*	10.8	71.0a	8.03	32.3a
G-12229	7.8	8.35*	8.3	48.3		
G-12231	9.0*	7.03	10.0	73.6a	8.02	82.5a
G-11591	8.3*	7.76	9.3	66.9a	6.74	25.3
G-11600	7.9	10.56*	9.8	68.8a	10.1	32.3a
G-11604	8.04	8.39*	8.7	82.8a	8.37	37.9a
G-11605	8.11	10.02	8.8	81.8a	7.85	35.8a
G-11609	7.3	8.03*	10.1	48.3	7.02	21.2
G-11619	6.3	9.17*	9.5	68.4a	8.30	31.5a
G-11633	7.7	9.6*	9.0	29.4	9.21	20.4
G-11634	8.3*	8.67*	10.4	49.0	6.52	29.4
G-11646	7.35	4.15	9.5	32.2	7.79	20.3
G-11701	6.78	4.43	8.5	33.0	6.01	17.3
	X=7.84	7.95	9.27	56.4	7.62	27.97
	DMS = 0.05			15.8		6.52

* Superiores al 8% de hule en 1988.

a Estadísticamente superiores al 0.05 de significancia.

porcentaje de hule no correspondían necesariamente a las de contenido superior, ya que la cantidad de biomasa obtenida es fundamental en la producción total de hule por planta. En estas condiciones, las líneas G-48118, G-12231, G-11591, G-11604, G-11605 y G-11619 resultaron estadísticamente iguales a los mayores contenidos de hule. De acuerdo con este criterio, en el experimento III de Ocampo, sobresalieron por su mayor contenido de hule las mismas líneas que en el experimento anterior, excepto G-11591 y N-573, que no se destacó en el experimento anterior. Esas diferencias son estadísticamente significativas en el nivel del cinco por ciento.

De lo anterior se puede inferir que en las líneas estudiadas existe una amplia variabilidad genética para el contenido de hule, que puede explotarse en un programa de selección para incrementar el rendimiento de hule. Naqvi (1985) llegó a la misma conclusión en cuanto a la cantidad de hule por planta al estudiar la heterogeneidad de estos mismos materiales.

Es interesante resaltar que seis de las líneas estudiadas destacaron por su contenido de hule en gramos en los experimentos II y III y, de ellas, cuatro fueron superiores también en porcentaje de hule en los experimentos I de Buenavista y Ocampo. De ahí se puede concluir que, por lo menos, cuatro de las líneas estudiadas tienen un buen potencial de producción de hule y responden en forma similar en Buenavista y en Ocampo, a los dos años, tres años y cuatro años. Eventualmente, si es necesario, estos materiales pueden utilizarse como las primeras variedades de guayule obtenidas en México.

LITERATURA CITADA

- BENEDICT, H.M. 1950. Factors affecting the accumulation of rubber in seedling guayule plants. *Botanical Gazette* 112(1):88-95
- HAMMOND, B.L. 1959. Effect of gibberellin, sodium hypochlorite, light and planting depth on germination of guayule seed. *Agronomy Journal* 51(10):621-623.

- HAMMOND, B L.; POLHAMUS, L G. 1965. Research on guayule *Parthenium argentatum* 1942-1959. USDA, Washington, D C., ARS-Agricultural Research Service. Technical Bulletin no. 1327.
- HOLMES, R.L.; ROBIN, H W. 1947. Rubber determination in young guayule: Studies on Spence and Caldwell method. *Analytical Chemistry* 19:313-317.
- KURUVADI, S.; ALCALA, M.E.; LOPEZ, A. 1986. Cytological analysis of level of ploidy in guayule. *El Guayulero* 7(3-4):28-30.
- LOPEZ, B A.; KURUVADI, S. 1987. Variability in rubber content of three guayule populations in Durango, México. *El Guayulero* 9(1-2): 3-6.
- LLOYD, F.E. 1911. Guayule *Parthenium argentatum* Gray: A rubber plant of the Chihuahuan desert. Carnegie Institution of Washington. Publication no. 139.
- McCALLUM, W B. 1929. Method of treating and sowing guayule seed. U.S. Patent 1'735,835.
- McCALLUM, W.B. 1941. Cultivation of Guayule I y II. *India Rubber World* 105:33-36, 153-156.
- McGINNIES, W.G.; HASSE, E.F. 1975. Guayule: A rubber producing shrub for arid and semiarid regions. Tucson, Arizona, University of Arizona, Office of Arid Land Studies.
- NAQVI, H.H. 1985. Variability in rubber content among USDA guayule lines. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 112(2):196-198.
- NAQVI, H.H.; HANSON, G.P. 1980. Observations on the distribution and ecology of native guayule population in México. In *International Guayule Conference* (3., 1983, Pasadena, Calif.) Proceedings. s.p.
- NIVERT, J.J.; GLYMPH, E.M.; SYUDER, S. 1977. Preliminary economic analysis of guayule rubber production. In *International Guayule Conference* (1977, Saltillo, Coahuila, Méx.).
- POWERS, L. 1945. Fertilization without reduction in guayule and a hypothesis as to the evolution of apomixis and polyploidy. *Genetics* 30 (11):323-346.
- POWERS, L.; ROLLINS, R.C. 1945. Reproduction and pollinizations studies on guayule, *Parthenium argentatum* Gray and *P. incanum* H.B.K. *American Society of Agronomy Journal* 37(2):96-112.
- ROLLINS, R.C. 1945. Interspecific hybridization in *Parthenium* L.: Crosses between guayule and mariola. *American Journal of Botany* 22 (7):395-404.
- STEBBINGS, G.L.; KODANI, M. 1944. Chromosomal variation in guayule and mariola. *Journal of Heredity* 35:162-172.
- TIPTON, J.L.; GREEG, E.C. 1982. Variation of native Texas: Guayule. *Hortscience* 17(5):742-743.

Plaguicidas como Contaminantes¹

J.E. García*

RESUMEN

Sin desconocer el aporte brindado por los plaguicidas a la humanidad en el combate de plagas, tanto en el sector agropecuario como en el control de vectores de enfermedades en humanos, se resaltan algunos caracteres inherentes de los plaguicidas como contaminantes. Se define el concepto de contaminante y posteriormente se señalan y desarrollan algunos caracteres de los plaguicidas en ese contexto. Se incluyen aspectos básicos relacionados con su dinámica en el ambiente, los criterios de clasificación toxicológica y la importancia de los productos metabólicos, así como el creciente valor de los llamados ingredientes inertes.

Palabras clave: Plaguicidas, toxicología, dinámica, ambiente, contaminación, metabolitos, ingredientes inertes.

INTRODUCCION

Los plaguicidas son sustancias utilizadas con la finalidad de reducir poblaciones de organismos que alcanzan el estatus de plaga. Así, se pueden aumentar los rendimientos de la producción agropecuaria, resguardar las cosechas y protegerlas de otros males, como son las enfermedades transmitidas por ciertos vectores. Sin embargo, la produc-

ción, formulación y utilización de estos productos determinan, en mayor o menor grado, peligros y consecuencias indeseables para el ambiente y la economía, los cuales han sido ya tratados por diversos autores (Brenes 1991; Bull 1989; Castillo *et al.* 1989; Cordero y Ramírez 1979; Chediak *et al.* 1983; Fonseca 1991; García 1989, 1992, 1993b; Georghiou y Lagunes 1991; Grier 1992a; Hilje *et al.* 1987; Pimentel y Andow 1984; Pimentel y Edwards 1982; Pimentel *et al.* 1980; Ramírez y Ramírez 1980; Richardson 1991; Thrupp 1990a, 1990c.).

Plaguicidas como contaminantes

Un plaguicida es un contaminante cuando la concentración de su formulación, incluyendo aquellos productos provenientes de su síntesis —así como los coadyuvantes, aditivos y los llamados ingredientes inertes— o sus productos de degradación, en un momento y lugar dados, puede producir más daños que beneficios.

A continuación se destacan algunas circunstancias en que los plaguicidas actúan como contaminantes:

- ◆ En la mayoría de los casos, la reacción que se provoca al aplicar un plaguicida para controlar una plaga, no está de acuerdo con la intención de aplicarlos.

Plaguicida -----> Plaga

Sino que más bien ocurre de la siguiente manera:

Plaguicida -----> Plaga + Ambiente

- ◆ La dinámica y las características propias de gran parte de las plagas, así como las limitaciones inherentes de algunas formulaciones y técnicas de aplicación, reflejan la existencia de una eficiencia baja del sistema, que se caracteriza por el desperdicio (Freed y Weilmuenster s.f.). Así, de acuerdo con investigaciones realizadas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA), entre

¹ Recibido para publicar el 23 de noviembre de 1993. Se agradece al Ph D Bernal Valverde del Área de Fitoprotección del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), así como al M Sc Gilbert Fuentes de la Escuela de Fitotecnia de la Universidad de Costa Rica, por la revisión y las sugerencias para este trabajo. De igual manera a la Licda Marta Camacho y al Lic Carlos Marín de la Universidad Estatal a Distancia (UNED), por la revisión filológica.

* Convenio de Cooperación UNED(OEC y CMA)-UCR/Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA). Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, C.R.

97% y 99% de los plaguicidas aplicados no cubren todos los organismos que se desea combatir. Otras investigaciones han corroborado estos resultados, señalando que, en la mayoría de los casos, la cantidad de los plaguicidas aplicados que afectan las plagas es menor del 0.1% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidades de insecticidas aplicados (%) que alcanzan a las plagas.

Plaga	Cultivo	Porcentaje (%)
Afidos	Haba	0.03
Chinches	Cacao	0.02
Mariposa blanca (<i>Pieris rapae</i>)	Col rizada	0.003
Gusanos <i>Heliothis</i>	Sin especificar	0.000 0001

Fuente: Pimentel y Levitán 1986.

Por lo tanto, un elevado número de plaguicidas aplicados según las técnicas actuales se distribuyen en el ambiente circundante y extienden sus efectos tóxicos inherentes (Fig 1). La magnitud de estos efectos colaterales indeseables depende de factores como: la toxicidad de la sustancia, el grado de sensibilidad de los organismos en contacto y el modo de manipulación.

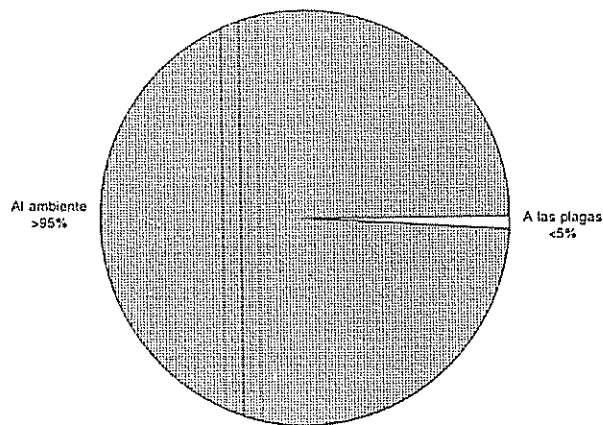


Fig. 1. Porcentaje de plaguicidas que permanece en el ambiente.

◆ A partir del momento de la aplicación de los plaguicidas sobre las áreas de interés, éstos, al igual que cualquier sustancia química en el ambiente, siguen una dinámica de transporte y difusión específica, la cual depende de sus características físico-químicas, del sustrato en el cual se encuentran, de las condiciones ambientales predominantes, del tipo de aplicación y de las múltiples interacciones entre estos y otros factores (Environmental dynamics...1975; García 1987).

◆ La dinámica de los residuos de plaguicidas en el ambiente es en extremo compleja y está, generalmente, asociada a los procesos de volatilización, adsorción y percolación experimentados por estas sustancias. Puede afirmarse que las principales fuentes de dispersión de los plaguicidas en el ambiente son provocadas por desviaciones durante su aplicación, volatilización, erosión eólica de partículas del suelo con residuos de plaguicidas adheridos, erosión hídrica (lluvias o riego) de las capas superficiales del suelo con residuos de plaguicidas, lavado de los residuos localizados sobre las superficies de aplicación, lavado pluvial o labores de riego por aspersión de los residuos que se encuentran en el aire (Environmental dynamics...1975; Freed 1979; García 1993c).

◆ Estas sustancias se encuentran en el aire como vapores, partículas suspendidas o adheridas a partículas de polvo y, también, como una combinación de esas formas mencionadas. Los plaguicidas pueden ser transportados por el viento y las corrientes de agua a grandes distancias, contaminando áreas y organismos en lugares donde nunca se habían aplicado. La importancia del proceso de volatilización en la dinámica de los plaguicidas en la atmósfera se refleja al comprobar que, en algunos casos, los porcentajes de pérdida alcanzan hasta más de 90%, 24 horas después de su aplicación (Cuadro 2).

Desde un punto de vista práctico, la dinámica de ciertos plaguicidas en el aire adquiere una importancia relevante. Por ejemplo, en Australia se ha estimado que 75% de los daños originados por aplicaciones de herbicidas se deben a sus vapores (Thompson 1983). En Costa Rica, se ha informado también de daños causados por ciertos herbicidas como el 2,4-D sobre cultivos sensibles como papaya, tomate y macadamia sembrados en áreas aledañas a cultivos sobre los cuales se hicieron las aplicaciones (Soto 1993). Una manera de estimar las cantidades presentes de estas sustancias en el aire consiste en analizar las precipitaciones pluviales (Cuadro 3).

Cuadro 2. Pérdidas por vaporización de plaguicidas dentro de las primeras 24 h después de la aplicación.

Plaguicida	Sustrato (%)	Pérdida
Insecticidas		
Mevinfos	Girasol y remolacha azucarera*	hasta 89
Lindano	Girasol y remolacha azucarera*	hasta 54
	Avena**	47
	Frijol**	53
	Suelo**	25
Pirimicarb	Sin especificar*	más de 90
Herbicidas		
Atrazina	Girasol y remolacha azucarera*	hasta 46
Pendimetalina	Remolacha azucarera*	hasta 87
	Soja*	hasta 80
	Girasol*	hasta 51
Zimazina	Suelo**	< 1
	Frijol**	< 1

* En condiciones de campo (Neururer y Womastek 1992).

** En condiciones ambientales controladas (Rüdel y Waymann 1992).

La concentración promedio de los plaguicidas en el aire ha sido estimada en 0.01 mg/m³ (Wilkening *et al.* 1992). La volatilización de los plaguicidas del suelo hacia la atmósfera es también influida por el contenido de humedad del suelo. Se conoce que plaguicidas aplicados sobre suelos secos se adsorben fuertemente a sus partículas, con lo cual baja la presión de vapor de estas sustancias y se inhibe significativamente su volatilización (Taylor 1978).

◆ El comportamiento de la difusión y el grado de percolación de los plaguicidas en los suelos depende-

Cuadro 3. Concentraciones máximas de residuos de plaguicidas en muestras de precipitación pluvial.

Plaguicida	Concentración (µg/l)
DDT (incluyendo metabolitos)	108.2
Fenitrotión	77.0
Alaclor	5.8
Atrazina	5.5
Metolaclor	2.5
Cianazina	2.2
Butilato, carbofurán, fonofos, pendimetalina, simazina, toxafeno	0.5 de c/u

Fuente: Siebers *et al.* 1991; von Oberwalder *et al.* 1991.

rá tanto de sus propiedades físicas y químicas (textura, materia orgánica, profundidad, pendiente, otras) como de su interacción con las propiedades del plaguicida (solubilidad en agua, adsorción al suelo, vida media) (Environmental dynamics...1975; Edwards 1966; Edwards 1973; Funari *et al.* 1991; Gerstl 1991; Loch 1991).

◆ Por lo general, se trata de sustancias con poder tóxico, cuyos efectos no se limitan a controlar los organismos alcanzados ante el estatus de la plaga, sino que también afectan cualquier organismo sensible en el ambiente y que llegue a tener contacto, directo o indirecto, con los ingredientes de la formulación empleada o con alguno de sus productos de degradación (Briggs 1992; Ramade 1987).

◆ Los plaguicidas pueden producir cuatro tipos de intoxicaciones en los organismos: sobreagudas (minutos u horas de evolución), agudas (días), subagudas (semanas) y crónicas (meses o años). En relación con la tabulación de las intoxicaciones humanas, se reconoce que en la mayoría de los casos se da un subregistro significativo, especialmente en las intoxicaciones crónicas (Davies s.f.; García 1989; Jeyaratnam 1990; Wesseling *et al.* 1988).

El efecto tóxico que pueda causar la formulación de un plaguicida depende básicamente de tres factores:

- grado de toxicidad de los diferentes componentes de la formulación y sus posibles interacciones;

- grado y tipo de exposición a la formulación durante el manejo y aplicación (dosis y área de exposición); y
- grado de susceptibilidad de los organismos durante el contacto con estas sustancias, sus productos de degradación o ambos.

Se recalca que si bien los países industrializados consumen la mayor parte de los plaguicidas en el mundo, el mayor número de intoxicaciones a causa de ellos se registra en los países en vías de desarrollo (Bull 1989; Jansen 1985; Jeyaratnam *et al.* 1982; Jeyaratnam 1990).

◆ A diferencia de los plaguicidas de primera generación, gran parte de ellos son de poca persistencia en el ambiente, pero su acción tóxica es inmediata y más concentrada. Por eso, algunos de los efectos negativos colaterales en el ambiente son ahora más evidentes que en el pasado, especialmente las manifestaciones relacionadas con las intoxicaciones agudas.

En cuanto a las intoxicaciones crónicas con plaguicidas, la dificultad en detectarlas estriba, por una parte, en la validez científica de las extrapolaciones de los resultados de los experimentos realizados con animales; por otra, en el tiempo que transcurre antes de que aparezcan las primeras manifestaciones sintomáticas. Estas no son exclusivas de los efectos tóxicos de esas sustancias sino que pueden ser provocadas por otras causas o por la interacción de diversos factores (Davies s.f.a). En el caso de exposiciones prolongadas con productos organofosforados, ocasionalmente, llegan a producir neurointoxicaciones atrasadas, en humanos y en animales (Ishikawa 1973; Ishikawa *et al.* 1983; Susuki e Ishikawa 1974; Uga *et al.* 1977).

En cuanto a los efectos específicos de los plaguicidas sobre la salud, se recomienda consultar a Hilje *et al.* (1987); Maroni y Fait (1993) y Mott y Snyder (1987), así como las revistas especializadas (Contact Dermatitis, American Journal of Epidemiology, Journal of Chronic Diseases y Journal of Occupational Medicine y Toxicology).

◆ En comparación con los llamados ingredientes activos, es escasa la información sobre la toxicología de gran parte de los coadyuvantes y de los llamados ingredientes inertes en las formulaciones de los plaguicidas. La razón es que éste es un campo de estu-

dio y discusión relativamente nuevo en la ciencia de los plaguicidas y, por lo tanto, los datos que se tienen para la mayoría de sustancias con respecto de su actividad, dinámica y efectos negativos en el ambiente como contaminantes, son escasos (Arden 1991; Cox 1992; Dugan 1992; Grier 1992a, 1992b; Pegg 1992).

Como un ejemplo de los coadyuvantes con consecuencias negativas, puede citarse el surfactante polioxietilenoamina (POEA), que adicionado a las formulaciones de ciertos herbicidas —como el glifosato— ayuda al ingrediente activo a penetrar mejor la cutícula de las malezas. Su toxicidad aguda es tres veces mayor que la del glifosato. Se sabe también que algunas formulaciones de este producto están contaminadas con 1,4-dioxano, una sustancia con potencial cancerígeno en animales (O'Brien 1990).

◆ La disposición y destrucción de plaguicidas en mal estado, remanentes, recipientes vacíos, recolección de derrames, desechos, basuras provenientes de su elaboración y formulación; así como la utilización de los envases vacíos y demás remanentes de las aplicaciones, constituyen un problema de contaminación, si su manipulación no es adecuada (Freed s.f.). Existen propuestas y lineamientos generales para dar soluciones técnicas a estos problemas —como las directrices de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)— pues, a menudo, se desestiman por negligencia, ignorancia o por el costo económico que implica su práctica.

◆ Los plaguicidas modernos tienden a provocar un efecto tóxico más concentrado que los de las primeras generaciones. Así, los plaguicidas como el herbicida metsulfurón-metil es efectivo a partir de dosis pequeñas de ingrediente activo como 4 g/ha, lo que facilita los procesos de producción, almacenamiento, transporte y aplicación. Sin embargo aumentan los riesgos y la magnitud de los problemas por accidentes y errores al preparar las soluciones.

◆ En muchos países, el criterio principal para establecer las clases toxicológicas de los plaguicidas se basa en la toxicidad aguda oral y dérmica en las ratas, de acuerdo con los valores de las DL₅₀. Pero no considera los efectos tóxicos de las formulaciones en los demás miembros de las cadenas alimentarias. En este sentido, varios plaguicidas, especialmente algunos herbicidas (diurón, fenoxaprop-etil, linurón, propanil, simazina y otros) y fungicidas (benomil, captan, cloroneb, clorotalonil, mancozeb y otros) clasifi-

cados como ligeramente tóxicos (banda verde) o moderadamente tóxicos (banda azul) para mamíferos, son, por el contrario, cientos de veces más tóxicos en organismos acuáticos y de otros tipos (Briggs 1992), (Cuadro 4).

Cuadro 4. Concentraciones letales en ratas (DL_{50} oral) y organismos acuáticos (LC_{50}).

Plaguicida	DL_{50} oral en ratas (mg/kg)	LC_{50} en organismos acuáticos (mg/l)
Atrazina (H)	1 869-3 080	4 5-100
Fenoxaprop-etil (H)	2 357-2 500	0 36-3 18
Propanil (H)	1 285-1 483	4 8-14
Benomil (F)	> 10 000	0 17-4 2
Clorotalonil (F)	> 10 000	0 25-0 43
Mancozeb (F)	> 8 000	3 5->40

Fuente: Perkow 1985; The British . 1987.

Este hecho refuerza la importancia de considerar la sección de Medidas para la Protección del Ambiente en la etiqueta de los agroquímicos, así como la necesidad de actualizar permanentemente los conocimientos de sus usuarios.

◆ La mayoría de los estudios sobre la dinámica de los residuos de plaguicidas en un sustrato específico se limita al análisis de los residuos de la sustancia original. Se obvia o se desconoce la existencia e importancia, inclusive toxicológica, de los productos metabólicos, y su conjugación y de los no-extraíbles (*bound-residues, non-extracted residues*), que son especies químicas de residuos de plaguicidas originales, o de algunos de sus metabolitos, que no pueden extraerse por los métodos usuales de análisis sin alterar significativamente la naturaleza (Huber y Otto 1983; Kaufman *et al.* 1976; Kovacs 1986; Roberts 1984). Lo mismo sucede con otros residuos que, por medio de los procesos de volatilización, adsorción, absorción o erosión eólica, únicamente se fijan muy fuerte en un sustrato determinado o son trasladados hacia otros lugares (Rouchaud y Meyer 1982). Esto hace que, a menudo, no se consideren estos hechos, ya que al hablar de degradación, no se hace referencia a la desaparición o degradación completa de la

sustancia original, sino más bien a una parcial, referida a las cantidades y calidades de los residuos remanentes originales y disponibles que se extraen con el método de análisis empleado para ese propósito

Cuadro 5. Toxicidad diferencial entre plaguicidas originales y algunos metabolitos.

Sustancia original/metabolito	DL_{50} * de la sustancia original (mg/kg)	DL_{50} del metabolito (mg/kg)
Acefato/metamidofos	945	30
Carboxin/oxicarboxin	3 820	2 000
Aldicarb/SO-aldicarb	0.9	0.9
Paration/paraoxon	3.3	1.4
Malation/malaoxon	2 600	308

* DL_{50} por ingestión oral en ratas

Fuente: Rouchaud y Meyer 1982

Hay estudios que han demostrado la importancia, desde el punto de vista toxicológico, de algunos de los metabolitos de las sustancias originales. Por ejemplo se conoce la toxicidad mayor o semejante de los metabolitos oxicarboxin, metamidofos, SO-aldicarb, paraoxón y malaoxón provenientes de las sustancias originales carboxin, acefato, aldicarb, paratión y malatión respectivamente (Cuadro 5).

CONSIDERACIONES FINALES

El empleo de los plaguicidas conduce inevitablemente hacia una mayor o menor contaminación del ambiente, de acuerdo con las circunstancias. Es posible que ésta y sus peligros inherentes son más críticos en los países en desarrollo que en los industrializados. En los primeros, por lo general, aumenta el riesgo estimado, por una serie de factores.

Entre estos factores pueden citarse; desnutrición, ausencia de controles eficaces de fiscalización, reglamentación deficiente, políticas crediticias, falta de ética profesional o de capacitación y educación de los sectores relacionados con estas sustancias (fabricantes, comerciantes, agricultores, médicos, agrónomos, otros), analfabetismo, escasas medidas de seguridad, por parte de las personas que manipulan estas sustancias, debido a factores económicos o climáticos, constante propaganda y estrategias de ventas po-

co éticas en la comercialización de agroquímicos; así como mayor utilización de sustancias altamente peligrosas (restringidas o prohibidas en los países donde las fabrican), por la falta de opciones económicamente viables (Bull 1989; Christakis *et al.* s.f.; Davies s.f.b.; García 1993a.; Gomero y Von Hildebrand 1990; Pesticides...1982; Pestizide...1985; The pesticide... 1993; Pills, pesticides... 1982).

El uso de plaguicidas es, sin duda, imprescindible en muchos casos. Sin embargo, los estudios realizados recomiendan la aplicación de las técnicas del manejo integrado de plagas (MIP) para reducir significativamente el uso de estos agroquímicos. De ese modo, de acuerdo con el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, la aplicación correcta de esas técnicas puede reducir la presencia de estas sustancias en el mundo hasta un rango de 50%-75% (UNEP 1987). Un manejo integrado de plagas considera y aplica métodos de combate con menor efecto negativo en el ambiente. Se pueden mencionar: el control biológico, el aprovechamiento potencial de la flora y la fauna benéficas, la siembra de cultivos resistentes o con cierto grado de tolerancia a las plagas, el uso de prácticas culturales, tales como la rotación de cultivos, y la siembra de cultivos mixtos (García y Fuentes 1992; van Alebeek 1989).

Es necesario seguir mejorando las técnicas, los métodos y las estrategias de aplicación de estas sustancias, para disminuir, en lo posible, la contaminación del entorno.

La problemática descrita no sólo afecta a la población agrícola, más expuesta a los efectos de los plaguicidas, sino que también el ambiente y, a la comunidad en general, por la contaminación de alimentos, agua, suelo, y aire. Ello acarreará transformaciones en los diferentes sistemas ecológicos.

La aplicación de plaguicidas debe efectuarse con las condiciones necesarias de control o minimización de sus efectos negativos, mediante el empleo correcto, el pleno conocimiento de sus consecuencias y la evaluación de los costos ambientales y sociales presentes y futuros.

La evaluación del uso seguro de un plaguicida en relación con la población y el ambiente depende de los conocimientos sobre su toxicidad, del tipo de organismo y el grado de exposición. Con frecuencia

no es posible hacer estimaciones confiables en ese sentido si se fundamentan en criterios simples (Riley 1993).

El empleo adecuado de los plaguicidas evitará total o parcialmente algunos de sus efectos indeseables sobre el usuario y su familia, la explotación agropecuaria, el consumidor y el ambiente, en general; también significará un ahorro de dinero, entre otros.

LITERATURA CITADA

- ARDEN, C. 1991. What you don't know can hurt you: Secret ingredients in pesticide products. Eugene, Or., Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides (NCAP). 39 p.
- BOUND AND conjugated pesticide residues. 1976. D.D. Kaufman, G.G. Still, G.D. Paulson, S.K. Bandal (Eds.). Washington, D C American Chemical Society. ACS Symposium Series no. 29. 396 p.
- BRENES, L. 1991. Pérdidas millonarias por rechazo de exportaciones. La Nación, San José (C.R.); agosto. 19:5-A.
- BRIGGS, S.A. 1992. Basic guide to pesticides: Their characteristics and hazards. Hemisphere Publishing Washington Corporation. 283 p.
- BULL, D. 1989. Futuro incierto: Los plaguicidas y los pobres del Tercer Mundo. Cayambe, Ec., Abya-Yala, FEPP, Fundación Natura. 342 p.
- CASTILLO, L.; WESSELING H., I.; HIDALGO, C.; MORA, F.; BRAVO, V. 1989. Diagnóstico sobre el uso e impacto de los plaguicidas en América Central: Informe de Costa Rica. Heredia. Proyecto Universidad Nacional Autónoma (UNA)/Consejo Superior Universitario de Centroamérica (CSUCA)/Ministerio de Cooperación para el Desarrollo del Gobierno de Noruega. San José, C.R., Universidad Nacional Autónoma de Centroamérica, Departamento de Publicaciones. 288 p.
- CHEDIAK, R.; BENZEKRY, T.; MORA, P.; LOPEZ, E.; DEL BELLO, J.C. 1983. Problemas del desarrollo y la transferencia de tecnología agropecuaria: El caso de los plaguicidas. San José, C.R., Proyecto COS 81/T01, Programa sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas. 182 p.
- CHEMISTRY, AGRICULTURE and the environment. s.f. M.L. Richardson (Ed.). Cambridge, U.K., The Royal Society of Chemistry. 546 p.
- CHRISTAKIS, G.; KURTZ, C.; FORDYCE, M.K.; FREED, V.H.; DAVIES, J.E. s.f. Interacciones de nutrición y de plaguicidas. In J.E. Davies, V.H. Freed, F.W.

- Whittemore (Eds.) Enfoque agromédico sobre manejo de plaguicidas: Algunas consideraciones ambientales y de la salud. OPS, Oficina Regional de la OMS. p. 349-362.
- CORDERO, A.; RAMIREZ, G.F. 1979. Acumulamiento de cobre en los suelos del Pacífico Sur de Costa Rica y sus efectos detrimentales en la agricultura. *Agronomía Costarricense* 3(1):63-78.
- COX, C. 1992. When ignorance is not bliss: Secret "inert" pesticide ingredients. *Journal of Pesticide Reform* 12(3):2-5.
- DAVIES, J.E. s.f.a. Epidemiología de plaguicidas. In Enfoque agromédico sobre manejo de plaguicidas: Algunas consideraciones ambientales y de la salud. J.E. Davies, V.H. Freed, F.W. Whittemore (Eds.). OPS, Oficina Regional de la OMS. p. 65-78.
- DAVIES, J.E. s.f.b. Intoxicación con plaguicidas: ¿Quién se intoxica y por qué? In Enfoque agromédico sobre manejo de plaguicidas: Algunas consideraciones ambientales y de la salud. J.E. Davies, V.H. Freed, F.W. Whittemore (Eds.). OPS, Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la OMS. p. 95-113.
- DUGAN, M. 1992. "Inerts" and legal action. *Journal of Pesticide Reform* 12(3):14-16.
- EDWARDS, C.A. 1966. Insecticide residues in soils. *Residue Reviews* 13:83-132.
- EDWARDS, C.A. 1973. Pesticide residues in soil and water. In *Environmental pollution by pesticides*. C.A. Edwards (Ed.). London, Plenum Press. p. 409-458.
- ENVIRONMENTAL DYNAMICS of pesticides. 1975. R. Haque; V.H. Freed (Eds.). New York, Plenum Press. p. 387.
- FONSECA G., J.M. 1991. Agricultores perdieron cosechas: Condenada empresa por contaminar río. *La Nación*, San José (C.R.); abril 1: 10-A.
- FREED, V.H. 1979. Dinámica química. Transporte y comportamiento de sustancias químicas en el ambiente: Un problema en salud ambiental. In *Control integrado de plagas en sistemas de producción de cultivos para pequeños agricultores*. Turrialba, C.R., CATIE-UC/USAID-OIRSA, Turrialba, C.R., v. 2, p. 48-64.
- FREED, V.H. s.f. Disminución de contaminación. In Enfoque agromédico sobre manejo de plaguicidas: Algunas consideraciones ambientales y de la salud. J.E. Davies, V.H. Freed, F.W. Whittemore (Eds.). OPS, Oficina Regional de la OMS. p. 324-336.
- FREED, V.H.; WEILMUNSTER, E. s.f. Formulación de plaguicidas en relación con riesgos ambientales y de salud. In Enfoque agromédico sobre manejo de plaguicidas: Algunas consideraciones ambientales y de la salud. J.E. Davies, V.H. Freed, F.W. Whittemore (Eds.). OPS, Oficina Regional de la OMS. p. 243-264.
- FUNARI, E.; BOTTONI, P.; GIULIANO, G. 1991. Groundwater contamination by herbicides: Processes and evaluation criteria. In *Chemistry, agriculture and the environment*. M.L. Richardson (Ed.). Cambridge, UK, The Royal Society of Chemistry. p. 235-254.
- GARCIA G., J.E. 1987. Abbauverhalten von Oxydemeton-methyl, Triadimefon, Triadimenol und Captafol nach langjähriger Anwendung in einer Weizenmonokultur. Dissertation. Dr. sc. agr. Institut für Phytomedizin, Universität Hohenheim. 175 S.
- GARCIA G., J.E. 1989. Plaguicidas y salud. *Biocenosis* 5(1-2):22-26.
- GARCIA G., J.E. 1992. Límites máximos de residuos de plaguicidas en productos alimenticios de origen vegetal: La situación en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 16(1):153-162.
- GARCIA G., J.E.; FUENTES, G. 1992. Opciones al uso unilateral de plaguicidas en Costa Rica: Pasado-presente-futuro. San José, C.R., EUNED. v. 1. 149 p.
- GARCIA G., J.E. 1993a. Causas del mal manejo de los plaguicidas. *Revista Tecnología en Marcha*. (En prensa).
- GARCIA G., J.E. 1993b. Consecuencias indeseables de los residuos de plaguicidas en el ambiente: Versión preliminar. In *Curso de Regencias Agrícolas con Énfasis en Plaguicidas* (1, 1993, San José, C.R.). Resúmenes. San José, C.R., Convenio Colegio de Ingenieros Agrónomos/Cooperativa de Capacitación de Profesionales en Ciencias Agrícolas (COOPROCA R.L.) p. 33.
- GARCIA G., J.E. 1993c. Dinámica de plaguicidas en el ambiente. In *Curso sobre Residuos de Plaguicidas en el Ambiente (Dinámica -Legislación y Análisis)*. (San José, C.R.). Memorias. MAG, Programa de Educación, Sanidad Vegetal/Cámara de Insumos Agropecuarios. p. 3-37.
- GEORGHIOU, G.P.; LAGUNES T., A. 1991. The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. Rome, FAO, AGPP/MISC/91-1. 318 p.
- GERSTL, Z. 1991. Behaviour of organic agrochemicals in irrigated soils. In *Chemistry, agriculture and the environment*. M.L. Richardson (Ed.). Cambridge, U.K., The Royal Society of Chemistry. p. 332-369.
- GOMERO O., L.; VON HILDEBRAND, A. 1990. Los plaguicidas: Remedios que matan. Perú, J.R. Ediciones. p. 196.

- GOMERO O., L.; CHAMOCHUMBI CH., W.; VAN DEN BURG, K. 1992. Las flores: ¿Un callejón sin salida? Lima, Perú, J.L.P. 136 p.
- GRIER, N. 1992a. Taking the secrets out of pesticide products: How to use "inerts" to promote alternatives. *Journal of Pesticide Reform* 12(3):6-9.
- GRIER, N. 1992b. On the prowl for secret ingredients. *Journal of Pesticide Reform* 12(3):12-13
- HILJE Q., L.; CASTILLO M., L.E.; THRUPP, L.A.; WESSELING H., I. 1987. El uso de los plaguicidas en Costa Rica. San José, C.R. EUNED-HELICONIA 149 p.
- HUBER, R.; OTTO, S. 1983. Bound pesticide residues in plants. In *IUPAC pesticide chemistry, human welfare and the environment*. J. Miyamoto *et al.* (Eds.) Oxford Pergamon Press. p. 357-362.
- ISHIKAWA, S. 1973. Chronic optico-neuropathy due to environmental exposure of organophosphate pesticides (Saku disease): Clinical and experimental study. *Acta Society for Ophthalmology (Japan)* 77:1835-1886
- ISHIKAWA, S.; MIYATA, M. 1980. Development of myopia following chronic organophosphate pesticide intoxication: An epidemiological and experimental study. In *Neurotoxicity of the visual system*. W.H. Merigan; B. Weiss (Eds.) New York, Raven. p. 233-254.
- ISHIKAWA, S.; OZAWA, H.; MIYATA, M. 1983. Abnormal standing ability in patients with organophosphate pesticide intoxication (chronic cases). *Agressologie* 24(2):143-144
- JANSEN, S. 1985. Jede Minute ein Vergiftungsfall. Die Grünen im Bundestag (Hrsg.) In *Pestizide: Ex- und Import*. Köln, Kölner Volksblatt Verlags. S. 67-78.
- JEYARATNAM, J.; ALWIS SENEVIRATNE, R.S. DE; COPPLESTONE, J.F. 1982. Survey of pesticide poisoning in Sri Lanka. *Bulletin of the World Health Organization* 60(4):615-619.
- JEYARATNAM, J. 1990. Acute pesticide poisoning: A major global health problem. *World Health Statistical Quarterly* 43:139-144
- KOVACS Jr., M.F. 1986. Regulatory aspects of bound residues (chemistry). *Residue Reviews* 97:1-17.
- LOCH, J.P.G. 1991. Effect of soil type on pesticide threat to the soil/groundwater environment. In *Chemistry, agriculture and the environment*. M.L. Richardson (Ed.). The Royal Society of Chemistry Cambridge, U.K. p. 291-307.
- MARONI, M.; FAIT, A. 1993. Health effects in man from long-term exposure to pesticides: A review of the 1975-1991 literature. *Toxicology* 78
- MOTT, L.; SNYDER, K. 1987. Pesticide alert: A guide to pesticide in fruits and vegetables. San Francisco, Calif., Sierra Club Books. 179 p.
- NEURURER, H.; WOMASTEK, R. 1992. Mögliche Umweltbelastung durch Abtrift oder Verdunstung von Pflanzenschutzmitteln. In *Deutsche Pflanzenschutz-Tagung* (4 p., 1992, Göttingen). W. Laux (Hrsg.). Berlin-Dahlem, M. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA). Heft 283:123
- O'BRIEN, M. 1990. Roundup, vision, POEA, and 1,4-dioxane: Why full formulations are the problem. In *What you don't know can hurt you: Secret ingredients in pesticide products*. C. Arden (Ed.). Eugene, Or., Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides (NCAP). p. 19-21.
- PEGG, J. 1992. "Inert" granules: The link between paper recycling and pesticides. *Journal of Pesticide Reform* 12(3):10-11.
- PERKOW, W. 1985. Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. 2. vollständig neubearbeitete Auflage. Berlin, Verlag Paul Parey. 2 Bände.
- PESTIZIDE: Ex- und Import. 1985. Die Grünen im Bundestag (Hrsg.). Köln Kölner Volksblatt Verlags GmbH. 133 S.
- PILLS, PESTICIDES and profits. 1982. R. Norris (Ed.). New York, North River Press. 167 p.
- PIMENTEL, D.; ANDOW, D.; DYSON-HUDSON, R.; GALLAHAN, D.; JACOBSON, S.; IRISH, M.; KROOP, S.; MOSS, A.; SCHREINER, I.; SHEPARD, M.; THOMPSON, T.; VINZANTI, B. 1980. Environmental and social costs of pesticides: A preliminary assessment. *Oikos* 34(2):126-140
- PIMENTEL, D.; EDWARDS, C.A. 1982. Pesticides and ecosystems. *Bioscience* 32(7):595-600
- PIMENTEL, D.; ANDOW, D.A. 1984. Pest management and pesticide impacts: Insect science and its application 5(3):141-149.
- PIMENTEL, D.; LEVITAN, L. 1986. Pesticides: Amounts applied and amounts reaching pests. *Bioscience* 36(2):86-91.
- RAMADE, F. 1987. *Ecotoxicology*. U.K., Wiley. 262 p.
- RAMIREZ, A.L.; RAMIREZ, C.M. 1980. Esterilidad masculina causada por la exposición laboral al nematocida 1,2-dibromo-3-cloropropano. *Acta Médica Costarricense* 23(3):219-222.

- RILEY, D. 1993. Consequences for environmental data/risk assessment requirements. In Brighton Crop Protection Conference: Weeds (1993). Proceedings. Brighton, England. v. 3:1081-1086 (8A-1).
- ROBERTS, T.R. 1984. Non-extractable pesticide residues in soils and plants. *Pure and Applied Chemistry* 56(7):945-956.
- ROUCHAUD, J.; MEYER, J.A. 1982. New trends in the studies about the metabolism of pesticides in plants. *Residue Reviews* 82:1-35.
- RÜDEL, H.; WAYMANN, B. 1992. Verflüchtigung von Pflanzenschutzmitteln: Aufbau eines Testsystems und erste Ergebnisse. In *Deutsche Pflanzenschutz-Tagung*, (48., 1992, Göttingen). W., Laux (Hrsg.). Berlin-Dahlem, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) Heft 283:129.
- SIEBERS, J.; GOTTSCHILD, D.; NOLTING, H.G. 1991. Untersuchungen ausgewählter Pflanzenschutzmittel und polyaromatischer Kohlenwasserstoffe in Niederschlägen Südost-Niedersachsens. Erste Ergebnisse aus den Jahren 1990/91. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 43(9):191-200.
- SUSUKI, H.; ISHIKAWA, S. 1974. Ultrastructure of the ciliary muscle treated by organophosphate pesticide in beagle dogs. *Journal of Ophthalmology* 58:931-940.
- TAYLOR, A.W. 1978. Post-application volatilization of pesticides under field conditions. *Journal of the Air Pollution Control Association* 28(9):922-927.
- THE PESTICIDE hazard: A global health and environmental audit. 1993. Zed Books. Dinham, B. (Comp.) London and New Jersey, The Pesticide Trust. 228 p.
- THE PESTICIDE manual: A world compendium. 1987. C.R. Worthing, S.B. Walker (Eds.). Lavenham, Suffolk, The British Crop Protection Council. The Lavenham. p. 1081.
- THOMPSON, N. 1983. Diffusion and uptake of chemical vapor volatilising from a sprayed target area. *Pesticide Science* 14:33-39.
- THRUPP, L.A. 1990a. Entrapment and escape from fruitless insecticide use: Lessons from the banana sector of Costa Rica. *International Journal of Environmental Studies (U.K.)* 36: 173-189.
- THRUPP, L.A. 1990b. Sterilization of workers from pesticide exposure: Causes and consequences of DBCP-induced damage in Costa Rica and beyond. Washington, D.C., World Resources Institute. 31 p.
- THRUPP, L.A. 1991. Long-term losses from accumulation of pesticide residues: A case of persistent copper toxicity in soils of Costa Rica. *Geoforum (U.K.)* 22(1):1-15.
- UGA, S.; ISHIKAWA, S.; MUKUNO, K. 1977. Histopathological study of canine optic nerve and retina treated by organophosphate pesticide. *Investigations in Ophthalmology* 16:877-881.
- UNEP (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME) 1987. Chemicals. In *UNEP Profile* p. 18-19.
- VAN ALEBEEK, F.A.N. 1989. Integrated pest management: A catalogue of training and extension materials for projects in tropical and subtropical regions. Wageningen, The Netherlands, Department of Entomology, Agricultural University, Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation. 305 p.
- VON OBERWALDER, CH.; GIESSL, H.; IRION, L.; KIRCHHOFF, J.; HURLE, K. 1991. Pflanzenschutzmittel im Niederschlagswasser. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 43(9):185-191.
- WESSELING, C.; DE LA CRUZ, E.; HIDALGO, C. 1988. Estudio epidemiológico de intoxicaciones con plaguicidas en Costa Rica. Heredia, C.R., Universidad Nacional, Programa de Plaguicidas, Escuela de Ciencias Ambientales/Proyecto OPS/UNA. Departamento de Publicaciones. p. 162.
- WILKENING, A.; NOLTING, H.G.; SIEBERS, J.; GOTTSCHILD, D. 1992. Bewertung der in Luft und Niederschlägen auftretenden Pflanzenschutzmittelwirkstoffe hinsichtlich ihrer möglichen W., Laux (Hrsg.). Auswirkungen in verschiedenen Umweltkompartimenten. In *Deutsche Pflanzenschutz-Tagung*, (48., 1992, Göttingen) Berlin-Dahlem. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) Heft 283:125.

RESEÑA DE LIBROS

SLEPER, D.A.; BARKER, T.C.; BRAMEL-COX, P.J. 1991. Plant breeding and sustainable agriculture: Considerations for objectives and methods. Madison, Wisconsin. Crop Science Society of America. Special Publication no. 18. 93 p.

Los cambios futuros en los sistemas agrícolas, impuestos por las limitaciones en recursos naturales no renovables (energía), preocupaciones medio-ambientalistas (menos uso de agroquímicos) y el criterio de sostenibilidad (cultivo asociado, erosión, otros) impulsan a los fitomejoradores a buscar métodos de trabajo para satisfacer nuevos objetivos. Este es el tema que, con excelente presentación, se discute en este libro.

En un primer capítulo se tratan los papeles que en mejoramiento genético deberán desempeñar el sector público (universidades), la industria y los centros internacionales. Se destaca la carencia de fondos de los centros de investigación pública para realizar una labor eficiente excepto el financiamiento que reciben del sector privado, el cual es muy exigente de la calidad de material genético en insumos (fertilizante, herbicidas, otros). Los centros internacionales se visualizan como unidades de apoyo a los centros nacionales, los cuales, a su vez, deberán producir material genético tolerante a las condiciones de estrés en sistemas de finca y buscar la sostenibilidad del rendimiento.

La durabilidad de la resistencia o la tolerancia encontrada para cierto material genético contra plagas y condiciones adversas de clima y suelo, se discuten en el segundo capítulo. Acerca de la resistencia o tolerancia a plagas (incluyendo mamíferos), el enfoque incluye el mejoramiento de los cultivos, considerando los efectos por asocio con otros cultivos (positivos o negativos), así como la adaptación de las plagas al nuevo material (sistema) en que tienen que sobrevivir. El capítulo enfatiza en los aspectos genético-fisiológicos que gobiernan la interacción genótipo-ambiente ($G \times A$).

En la tercera sección se considera el tema de la selección de sitios para realizar el mejoramiento genético con pocos insumos. El capítulo incluye una excelente revisión bibliográfica de los aspectos estadísticos relacionados con la "estabilidad" fenol-genética, recalcando que el comportamiento de cierto

material en un micrositio es diferente al observado en varios sitios. Se presenta un ejemplo de mejoramiento de sorgo, comparando los diferentes métodos en uso, demostrándose cuán contradictorios pueden ser los resultados obtenidos.

El efecto de la interacción genética en sistemas de cultivo alternativos se presenta en el capítulo cuarto. En particular recibe atención la arquitectura de la planta en cultivos asociados (efecto de sombra, control de malezas, otros); el efecto que varios cultivos tienen y su interacción con la resistencia a las plagas y cultivo con suelo. La sección termina con una discusión estadística sobre el rompimiento de la interacción $G \times A$, como un mecanismo de identificar los factores más relevantes por mejorar en el futuro.

En el último capítulo, se analiza el futuro de los sistemas agrícolas y su efecto sobre el fitomejoramiento. Se presentan doce cambios posibles en la evaluación de los sistemas de producción, los cuales deberán solucionarse por medio de: (i) tolerancia-resistencia a plagas, (ii) respuesta a condiciones de estrés nutricional, (iii) mayor vigor de plántulas en climas fríos, (iv) mejor aprovechamiento de agua para enfrentar las sequías, (v) más cultivares para los diferentes microambientes, (vi) adaptación a cultivos áridos, (vii) cultivares con un rango de maduración, que permitiría la flexibilidad del asocio, (viii) cultivares más adaptados a condiciones medioambientales variadas, (ix) cultivares con mejor valor nutritivo, (x) cultivares de uso más integral (alimento humano y animal), (xi) cultivos de cereales perennes y capaces de mezclarse con leguminosas y, por último, (xii) mezclas de especies en sistemas que permitan mayor y mejor cobertura del suelo.

La obra es una referencia de primera categoría, con énfasis fuerte en los métodos de selección genética de plantas. Quizás hubiera sido útil incluir un capítulo más relacionado con métodos (tratamientos) necesarios en el campo para lograr un mejoramiento más específico contra alguna condición adversa. El texto puede adquirirse por \$US20.00 más \$US2.00 por envío escribiendo al CSSA Headquarters Office; Book Order Department; 677 South Segoe Road; Madison, Wisconsin 53711-1086 USA.

ALFREDO ALVARADO
PROFESOR. FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

RESEÑA DE LIBROS

KOTLER, NEIL G. (ED.). 1992. *Frontiers of nutrition and food security in Asia, Africa and Latin America*. Washington, Smithsonian, Institution Press. 171 p.

Recientemente, la seguridad alimentaria es objeto de numerosos análisis científicos y políticos. Por su carácter interdisciplinario, constituye un tema difícil de tratar en forma simple. Este libro incluye los resultados de un coloquio sobre el tema organizado por el *Smithsonian Institute* y por el *International Life Sciences Institute* de Norteamérica, realizado en octubre de 1990.

Tal como se sintetiza en el prefacio del libro, los elementos fundamentales que pueden garantizar, a largo plazo, la seguridad alimentaria de un pueblo incluyen: estabilización del crecimiento de la población conjuntamente con un aumento en la disponibilidad de los alimentos, protección de los recursos naturales y promoción del crecimiento económico de la región. Sin embargo no se pueden postergar las acciones que buscan dar una respuesta inmediata al hambre, la desnutrición y las enfermedades, que afectan la vida de millones de personas cada día. Además, se agrega que ante el problema de la Revolución Verde, y en general de los grandes y continuos avances experimentados por la agricultura en las últimas décadas, no se cuenta con una contraparte en las áreas de nutrición y salud pública; como se evidencia a través del libro la misma no se debe a la ausencia de investigaciones o conocimientos. Se requiere una agenda más amplia para alcanzar el empuje de estos dos campos: crecimiento económico y equidad en los recursos alimentarios y salud.

El libro presenta en siete capítulos el análisis de casos específicos de estrategias que, directa o indirectamente, tienen que ver con la seguridad alimentaria. Los análisis de casos escogidos representan ejemplos de estrategias exitosas, por lo que se hacen esfuerzos por identificar los factores claves de este éxito. Se presentan ejemplos de intervenciones específicas y focalizadas (fortificación de la dieta con hierro en China); acciones interdisciplinarias (como la estrategia de India para atacar el problema de la deficiencia de vitamina A que incluye un esfuerzo

conjunto de los sectores agricultura y nutrición); acciones generales para toda la población (uso de medios masivos de comunicación, análisis de políticas y estrategias de salud pública en Chile en los últimos 20 años, entre otros).

Un tema que se menciona en forma repetida, particularmente en los dos últimos capítulos sobre discusión final del Coloquio, es la necesidad de que los centros internacionales de investigación en agricultura asuman un papel más activo en este proceso, no sólo mediante la incorporación del componente seguridad alimentaria-nutricional como apéndice de los diversos proyectos que desarrollan, sino como uno de los objetivos centrales que guíe acciones específicas de los programas de producción agrícola y desarrollo rural.

En estos últimos capítulos se plantean temas de gran interés, sin embargo no están organizados de manera que el lector pueda obtener una visión integral de todo el trabajo que se analiza a través del libro, extraer conclusiones generales y, de ser posible, identificar recomendaciones concretas.

El libro está escrito en forma simple y directa, y actualiza e ilustra al profesional que, de una u otra forma, está involucrado con estos temas, incluyendo agrónomos, economistas agrícolas, salubristas, sociólogos, nutricionistas, planificadores, entre otros. Una de las conclusiones principales que pueden extraerse es carácter interdisciplinario fundamental del área de la seguridad alimentaria. Sin embargo, esta integración de las diferentes disciplinas se puede dar únicamente mediante un claro entendimiento por parte de las mismas, como la magnitud y raíces del problema que tratan. Ello requiere una particular educación de los profesionales involucrados; en esa medida el libro es un aporte al campo de la seguridad alimentaria.

DRA LEDA MILENA MUÑOZ
DIRECTORA
ESCUELA DE NUTRICIÓN
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

RESEÑA DE LIBROS

CAB INTERNATIONAL. 1992. Taungya: Forest plantations with agriculture in Southeast Asia. C.F. Jordan, J. Gajaseñi, H. Watanabe. 176 p.

Esta publicación **Taungya: Forest plantations with agriculture in Southeast Asia**, primera de la Serie Desarrollo Rural Sostenible de la CAB Internacional, da a conocer los resultados del V Congreso Internacional de Ecología, realizado en Yokohama, Japón. En esta reunión, entre otros aspectos, se trató de aclarar las diferencias fundamentales entre el sistema agroforestal y el sistema taungya. Taungya y agroforestería no son términos sinónimos. En el primero los árboles y la producción de madera son su objetivo principal. En el segundo, el interés se centra en los cultivos agrícolas y los árboles son considerados un componente secundario.

Se parte haciendo un análisis del desarrollo sostenible: actividad económica, capaz de satisfacer las actuales necesidades de la humanidad sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. Es así que en muchos países tropicales, la silvicultura sostenible es un importante componente para el desarrollo sostenible.

CAB INTERNATIONAL. 1992. Taungya: Forest plantations with agriculture in Southeast Asia. C.F. Jordan, J. Gajaseñi, H. Watanabe. 176 p.

As natural forests disappear in tropical and subtropical countries, governments and forest industries are turning to plantations to meet the demand for timber. In some places plantations have been successful but in other regions they have not. Failure has sometimes been due to environmental factors but frequently has occurred because of social problems. As more and more land is needed for agriculture, it will become even more difficult to ensure a sustainable supply of forest products. Increasingly, forest managers will have to take into consideration the needs and problems of the local communities and populations if wood production is to be sustained to future generations.

Taungya forestry has arisen to ameliorate conflicts between foresters who need land for forest

En ese contexto, en la primera parte del libro se hace un buen análisis de los orígenes del sistema taungya como sistema sostenible, como de sus implicaciones socioeconómicas, interacción con cultivos, reciclaje de nutrientes, sostenibilidad de las plantaciones forestales de rápido crecimiento en el trópico húmedo y de las bases teóricas del sistema en cuanto al mejoramiento.

El libro complementa, en la segunda parte, las bases del sistema ya descritas antes, con el análisis de casos concretos de cultivos de árboles en un nivel industrial dentro del sistema taungya en Tailandia, Java, Indonesia, Filipinas, Nepal, India y China.

Esta publicación es una excelente obra de consulta ya que contiene información importante sobre el cultivo de árboles a escala comercial en combinación con cultivos agrícolas en regiones que tienen variadas condiciones sociales.

RODOLFO SALAZAR
CATHIE, COSTA RICA

plantations, and shifting cultivators who need it to plant subsistence crops. Taungya is a system of forest plantations in which peasants are allowed to cultivate crops for the first few years between the seedlings of a forest plantation. Recent modifications to the taungya system include social and economic benefits to participating families.

This book describes the history and current practices of taungya, as it has developed in Southeast Asia since its introduction to Burma in the 1860s, and assesses its strengths and weaknesses. It suggests social, economic, and technical modifications that may help make taungya a method for improving the sustainability of forestry in developing countries, and will interest those concerned with tropical forestry, agroforestry systems and rural development.

CAB INTERNATIONAL

RESEÑA DE LIBROS

BEETS, W.C. 1990. Raising and sustaining productivity of smallholder farming systems in the tropics. Alkmaar, Holland, AgBé Publishing. 738 p.

En este documento se presentan en forma balanceada los aspectos físicos, económicos y sociales que determinan el nivel de producción y su sostenibilidad en fincas de pequeños agricultores en las regiones tropicales. Se resumen 22 años de experiencia del autor sobre el tema, principalmente en África y Asia.

Como mecanismos para elevar y mantener la productividad de los sistemas utilizados en las fincas de pequeños agricultores, se recomiendan la diversificación del sistema y la optimización de la mano de obra e insumos disponibles en la finca. Se critica fuertemente la dependencia de recursos externos al sistema, fenómeno que se asocia con la Revolución Verde y que funciona con cierto grado de sostenibilidad cuando las condiciones del sistema son buenas —suelos fértiles, fincas grandes, disponibilidad de capital. El autor hace énfasis en la necesidad de lograr rendimientos sostenidos en el tiempo, lo cual implica que el sistema deba ser ambientalmente balanceado, aunque sea económicamente marginal en el corto plazo.

Los innumerables ejemplos presentados en el libro demuestran la enorme influencia que tienen ciertas agencias internacionales y organismos financie-

ros en la toma de decisiones en los países en desarrollo. La Revolución Verde y la Alianza para el Progreso en la quinta y sexta décadas; las ISI impulsadas por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en el séptimo decenio; el desarrollo rural integrado de la octava década y el neoliberalismo propuesto en la década actual, por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial (BM), son claros ejemplos. No es de extrañar, entonces, que los problemas que atañen a los pequeños agricultores no hayan sido considerados, debido a su escasa importancia política.

El libro es valioso para estudiantes y profesionales que trabajan en pro del desarrollo agrícola del Tercer Mundo, pues se resumen numerosas publicaciones poco asequibles para quienes no cuentan con tiempo suficiente para buscarlas. La experiencia narrada por Beets deberá ser documentada en el corto plazo con ejemplos sobre la realidad de América Latina. El libro puede ordenarse a Agbé Publishing, P.O. Box 9125, 1800 E.C. Alkmaar, The Netherlands (US\$65 + costo de envío).

ALFREDO ALVARADO
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS,
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SAN JOSÉ. COSTA RICA