

CATIE  
ST  
IT-112

# Recho Productivo Regional y de las fincas del área de Jocoro, El Salvador



C536





# **Techo Productivo Regional y de las fincas del área de Jocoro, El Salvador:**

**Estudio económico y ambiental de alternativas de  
producción mediante modelos de simulación**

Esta publicación ha sido preparada por el Proyecto de  
Sistemas de Producción para Pequeñas Fincas del  
CATIE, con el financiamiento de la Oficina Regional  
para Centro América y Panamá (ROCAP), bajo el  
contrato 596-0088 (SIPRO-CATIE-ROCAP).

ST  
IT-112

El CATIE es una asociación civil sin fines de lucro, autónoma, con carácter científico y educacional, que realiza, promueve y estimula la investigación, la capacitación y la cooperación técnica en la producción agrícola, animal y forestal con el propósito de brindar alternativas a las necesidades del trópico americano, particularmente en los países del Istmo Centroamericano y de Las Antillas. Fue creado en 1973 por el Gobierno de Costa Rica y el IICA. Acompañando a Costa Rica como socio fundador, han ingresado Panamá en 1975, Nicaragua en 1978, Honduras y Guatemala en 1979 y la República Dominicana en 1983.



© 1987 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

ISBN 9977-57-

---

338.109 7284

T255 Techo productivo regional y de las fincas del área de Jocoro, El Salvador: estudio económico y ambiental de alternativas de producción mediante modelos de simulación / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. — Turrialba, C. R.: CATIE, 1987.

154 p.; 17.5 x 24.5 cm. — (Serie técnica. Informe técnico / CATIE; N° 112).

ISBN 9977-57-

1. Producción agrícola — Aspectos económicos — El Salvador — Jocoro 2. Producción agrícola — Aspectos ambientales — El Salvador — Jocoro 3. Producción agrícola — Modelos de simulación I. CATIE II. Título III. Serie.

## CONTENIDO

<b>PROLOGO</b> .....	9
<b>INTRODUCCION</b> .....	11
<b>OBJETIVOS</b> .....	21
<b>METODOLOGIA</b> .....	22
<b>CARACTERIZACION DE LA REGION SELECCIONADA</b> .....	23
Definición de la zona de estudio .....	23
Localización .....	25
Topografía y pendientes .....	25
Clima .....	28
Temperaturas .....	28
Humedad relativa .....	28
Precipitaciones .....	28
Balance hídrico y disponibilidad de agua .....	30
Zonas de vida .....	31
Suelos .....	33
Capacidad de uso de la tierra .....	34
Uso actual de la tierra .....	35
Conflictos en el uso de la tierra .....	36
Distribución y tenencia de la tierra .....	36
Actividad económica predominante .....	36
Infraestructura física .....	39
Sistemas de producción característicos .....	39
Nivel tecnológico .....	41
Comercialización .....	42
Instituciones .....	42
<b>CARACTERIZACION DEL MODELO UTILIZADO</b> .....	43
Descripción general .....	43

Nivel regional .....	46
Definición de las subregiones .....	46
Determinación del número de fincas por subregión .....	47
Definición de las características de las fincas tipo .....	48
Definición del alcance del estudio .....	50
Determinación de la precipitación anual .....	50
El nivel de finca .....	54
Producción de los cultivos y de las pasturas .....	54
Determinación de la oferta de alimento para el ganado de la finca .....	58
Dinámica del hato .....	59
Producción pecuaria comercializable .....	61
Requerimientos alimenticios del hato .....	61
Balance entre oferta y requerimientos de alimentos .....	62
Cuantificación de la erosión de los suelos .....	63
Determinación de los nutrientes extraídos .....	66
Determinación de los costos de producción .....	68
Los ingresos de la finca .....	71
Resultado global de la finca .....	71
Globalización regional de la información de fincas .....	72
La dinámica del sistema .....	73
El programa de computadora del modelo .....	73
<b>ASPECTOS A EVALUAR MEDIANTE EL MODELO PROPUESTO .....</b>	<b>81</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>82</b>
Desempeño de las estrategias tecnológicas en el tiempo .....	82
Aspectos ambientales .....	82
Aspectos productivos .....	82
Requerimientos de insumos .....	85
Aspectos económicos .....	89
Evaluación integral de las estrategias tecnológicas analizadas .....	93
Conclusiones generales .....	94
Comportamiento económico global de la región bajo las distintas estrategias tecnológicas .....	94
Tecnología tradicional .....	95
Tecnología de altos insumos .....	96
Tecnología apropiada .....	98
Influencia del régimen de precipitaciones .....	101
Influencias de la variación de precios de insumos y productos en el resultado económico de las fincas .....	107

<b>Efecto de la redistribución de la tierra (hipotética)</b>	
<b>sobre el comportamiento ambiental y económico del área</b> .....	<b>112</b>
<b>Distribución uniforme en parcelas de diez hectáreas (“A”)</b> .....	<b>113</b>
<b>Distribución en parcelas de distinto tamaño, con tecnología</b>	
<b>uniforme (“B”)</b> .....	<b>113</b>
<b>Distribución en parcelas de distinto tamaño, con tecnología</b>	
<b>diferenciada por regiones (“C”)</b> .....	<b>113</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>114</b>
<b>CONCLUSIONES ACERCA DEL TECHO PRODUCTIVO DEL AREA</b> ....	<b>117</b>
<b>MEJORAS AL MODELO PROPUESTAS</b> .....	<b>120</b>
<b>MEJORAS EN LA INFORMACION QUE EMPLEA EL MODELO</b> .....	<b>120</b>
<b>MEJORAS EN LA ESTRUCTURA DEL MODELO</b> .....	<b>121</b>
<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b> .....	<b>123</b>
<b>ANEXO 1: Listado del Programa de cómputo del modelo</b> .....	<b>125</b>
<b>ANEXO 2: Procedimientos para programar las simulaciones</b>	
<b>descritas en el trabajo</b> .....	<b>127</b>
<b>ANEXO 3: Listado de las variables del Programa</b> .....	<b>129</b>



## PROLOGO

El Proyecto "Sistemas de producción para pequeñas fincas", concretado a través de un acuerdo entre el CATIE, AID-ROCAP y las instituciones nacionales de investigación agrícola de los países del Istmo Centroamericano, realizó durante varios años distintos tipos de estudios en la región. Estos estudios incluyeron desde actividades de diagnóstico y la realización de un gran número de experimentos agrícolas en estaciones experimentales y en fincas de productores, hasta el desarrollo e implementación de sistemas agropecuarios alternativos o "mejorados" para los pequeños agricultores del área.

Al finalizar las actividades del Proyecto, se procuró encontrar una fórmula que permitiera globalizar toda la información recogida, con el fin de facilitar un análisis más general de las situaciones regionales y de su posible evolución. Surgió así la idea de elaborar un modelo de simulación como el que se presenta en este trabajo, que considera la situación del área de Jocoró, en El Salvador, a dos niveles de complejidad distintos pero relacionados entre sí, el de finca y el de región. Con base en la información biofísica y socioeconómica relevada por el Proyecto e incluida en el modelo, pudo determinarse el nivel productivo, el comportamiento económico y el efecto sobre la erosión de los suelos de las estrategias tecnológicas propuestas, tanto a nivel regional como de finca.

El modelo se empleó, entonces, para simular los efectos de diferentes factores sobre la región y sus fincas; los factores considerados fueron: las subregiones, por pendiente y tipo de suelo, el tamaño de las fincas, los tipos de tecnología disponibles, el régimen de precipitaciones, las tendencias de precios de los insumos y productos y algunos posibles esquemas de redistribución de la tierra.

Los resultados obtenidos permitieron profundizar en el conocimiento de la situación regional y ratificar la convicción de los investigadores sobre las dificultades que entraña el futuro del área.

Este trabajo fue realizado por el Ing. Alejandro C. Imbach y editado por la Prof. Teresa de Oñoro.



## INTRODUCCION

Cuando se analiza pormenorizadamente la situación socioeconómica y el estado de los recursos naturales en la región centroamericana y el Caribe, se observa una serie de aspectos críticos a nivel nacional, regional y local.

A escala nacional, el problema más importante lo constituyen el elevado nivel de endeudamiento externo (Cuadros 1 y 2) y la consecuente necesidad de aumentar los saldos exportables sin comprometer el consumo interno. Este problema se ve agravado por el permanente deterioro de los términos del intercambio entre los productos primarios propios de estos países y los productos industriales de las naciones desarrolladas (Cuadros 3 y 4). Asimismo, el reducido nivel de ingresos de la mayor parte de la población, tanto asalariada como de pequeños y medianos propietarios, constituye hoy un problema de magnitud nacional en la mayor parte del área considerada (Cuadros 5 y 6).

A nivel regional, son comunes los problemas de desempleo, tanto en las zonas rurales como en las urbanas, si bien en las primeras la desocupación es mayor (Cuadros 7 y 8).

A nivel local, se destacan los problemas de degradación ambiental, de deficiencias de abastecimiento y la escasa rentabilidad de los sistemas de producción existentes.

El enfoque tradicional del desarrollo económico basado en el empréstito externo con fines de inversión actualmente resulta complejo, pues la magnitud del endeudamiento exige a los proyectos una alta tasa de retorno, con el fin de no agravar aún más la situación.

Cuadro 1. América Central: deuda externa total

País	Saldo a fines de año, en millones de \$				Tasa de crecimiento	
	1980	1981	1982	1983	1982	1983
Costa Rica	3183	3360	3497	3848	4.1	10.0
El Salvador	1176	1471	1683	2000	14.4	18.8
Guatemala	1053	1409	1504	1766	6.7	17.4
Honduras	1510	1708	1800	2000	5.4	11.1
Nicaragua	1579	2163	2797	3385	29.3	21.0
Panamá	2211	2338	2820	3275	20.6	16.1

FUENTE: CEPAL, 1985.

Cuadro 2. América Central: relación entre la deuda externa total bruta desembolsada y el producto bruto interno (en porcentaje)

País	1979	1980	1981	1982	1983
Costa Rica	59	73	73	78	82
El Salvador	23	29	36	41	47
Guatemala	13	13	16	17	19
Honduras	56	59	60	61	65
Nicaragua	74	86	99	123	136
Panamá	56	50	47	51	56

FUENTE: CEPAL, 1985.

Cuadro 3. América Central: poder de compra de las exportaciones de bienes (año base: 1970)

	Indices					Tasa de crecimiento
	1975	1977	1979	1981	1983	1979/1983
Costa Rica	107	173	155	135	106	30
El Salvador	121	209	194	110	94	40
Guatemala	101	195	163	140	108	38
Honduras	94	135	171	142	128	16
Nicaragua	113	174	133	87	66	59
Panamá	118	92	89	68	60	35

FUENTE: CEPAL, 1985.

Cuadro 4. América Central: balance comercial, excluyendo el pago de servicios (en millones de dólares)

País	Exportaciones de bienes FOB			Importaciones de bienes FOB			Balance		
	1981	1982	1983	1981	1982	1983	1981	1982	1983
Costa Rica	1002	871	851	1091	780	894	-88	90	-43
El Salvador	798	704	732	898	826	803	-100	-122	-71
Guatemala	1299	1200	1091	1540	1284	1080	-241	-85	11
Honduras	784	677	704	899	681	731	-115	-4	-27
Nicaragua	500	408	411	922	723	761	-423	-316	-350
Panamá	343	345	317	1441	1441	1246	-1098	-1096	-929

FUENTE: CEPAL, 1985.

Cuadro 5. América Central: salarios mensuales promedio por actividad económica (en dólares USA)

	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica
Agricultura	22.0	65.5	46.5	87.6	43.8
Industria	88.8	64.1	68.7	93.3	79.9
Construcción	67.7	47.4	75.9	86.1	(-)
Comercio	130.5	82.0	106.5	128.1	128.3
Transporte	99.2	94.4	132.1	117.0	99.9
Electricidad, gas, agua	130.8	115.2	91.0	104.6	(-)
Servicios	93.5	75.2	109.7	96.2	56.7
Minería	102.6	33.4	88.0	72.0	(-)
Otros	---	---	---	---	111.9
<b>Total</b>	<b>50.5</b>	<b>70.8</b>	<b>96.3</b>	<b>106.6</b>	<b>92.3</b>

FUENTE: ECIEL-OEA, 1979.

Cuadro 6. América Central: desnutrición en niños menores de cinco años (1971-1975)

País	% de malnutrición			Total
	Grado I	Grado II	Grado III	
Costa Rica	43.7	12.2	1.5	57.4
El Salvador	48.5	22.9	3.1	74.5
Guatemala	49.0	26.5	5.9	81.4
Honduras	43.0	27.2	2.3	72.5
Nicaragua	48.8	10.0	1.1	60.7
Panamá	4.9	2.2	0.7	7.8

Clasificación Gómez. Grado I leve, II moderado, III severo.

FUENTE: Dourojeanni, 1982.

Cuadro 7. América Central: empleo y desempleo en el sector agrícola, 1970 (en puestos de trabajo de 280 días por año)

	I Población agrícola económicamente activa		II Capacidad total de absorción		III Desempleo agrícola	
		%		%		%
América Central	2770.0	100.0	1538.1	100.0	1231.9	44.4
Guatemala	1067.0	38.5	508.2	33.0	558.8	52.3
El Salvador	593.0	21.4	246.4	16.0	346.6	58.3
Honduras	491.0	17.7	281.5	18.3	209.5	42.5
Nicaragua	367.0	13.3	287.3	18.7	79.7	21.5
Costa Rica	252.0	9.1	214.7	14.0	37.3	14.7

FUENTE: ECIEL-OEA, 1979.

Cuadro 8. América Central: evolución de la tasa de desempleo urbano (en porcentaje).

País	1979	1980	1981	1982	1983
Costa Rica	5.3	6.0	9.1	9.9	8.5
Nicaragua	21.4	18.3	15.9	18.5	17.5
Panamá	11.6	9.8	11.8	10.3	11.2

FUENTE: CEPAL, 1985.

Entre tanto, la pauperización de la población genera tensiones sociales crecientes, con sus secuelas conocidas. Por otra parte, el enfoque tradicional de tecnificación del agro, que propicia el empleo indiscriminado de insumos ajenos a la unidad productiva, también es cuestionado actualmente, tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista ambiental.

Este análisis básico puede sintetizarse en términos de las necesidades, limitaciones y opciones existentes. Entre las necesidades más inmediatas están: mejorar el nivel de ingresos de la población, aumentar la demanda de mano de obra e incrementar la producción agropecuaria para mejorar el nivel de alimentación y el saldo de la balanza de pagos, aumentando las exportaciones y reduciendo las importaciones.

Las limitaciones deben clasificarse en dos grandes grupos: las de orden natural y las de orden socioeconómico. Las limitaciones naturales están dadas por el clima de la región, especialmente en lo que tiene que ver con la disponibilidad de agua para los cultivos, que resulta estacionalmente escasa en la vertiente del Pacífico y excesiva en la del Atlántico, y por la escasez de tierras agrícolas debida a la topografía del área y a la densidad de la población rural (Cuadros 9, 10 y 11). A nivel socioeconómico, son limitantes la estructura de distribución de la tierra (Cuadro 12), las relaciones de precios entre insumos y productos y las limitaciones económico-financieras resultantes de la falta de capital y de acceso al crédito que aqueja a la mayoría de los productores agropecuarios.

Bajo las condiciones citadas, la gama de opciones existentes no es muy amplia. Lo usual es dividir estas opciones en tecnológicas y estructurales, lo que resulta válido siempre que no se pierda de vista que las unas no pueden separarse de las otras, es decir, que ni la sola mejora técnica ni la sola modificación estructural pueden conducir a alternativas viables en las condiciones actuales.

Cuadro 9. América Central: población, densidad y crecimiento poblacional

	Superficie (km <sup>2</sup> ) (2)	Población (miles) (1)	Densidad (hab/km <sup>2</sup> )	Crecimiento población % (3)
Costa Rica	50 900	2 111	42	2.6
El Salvador	21 156	4 524	214	2.6
Guatemala	108 889	6 839	63	2.0
Honduras	112 088	3 439	31	3.3
Nicaragua	148 000	2 559	17	3.5
Panamá	7 082	1 823	24	3.1

FUENTE: Dourojeanni, 1982.

Cuadro 10. Clasificación de la tierra por capacidad de uso para los países de América Central

Área	Superf. (km <sup>2</sup> )	Suelos aptos para agricultura intensiva	Suelos aptos para agricultura permanente, pastos, cultivos y reforestación	Suelos aptos para forestación y, muy secundariamente, para pastos	Suelos aptos para protección forestal o sin uso posible
		(%)	(%)	(%)	(%)
Costa Rica	Nac. 50 800	15.2	37.4	37.0	10.4
El Salvador	" 21 146	15.5	19.1	8.2	57.2
Guatemala	" 108 889	8.8	32.9	29.3	29.0
Honduras	" 111 728	7.8	10.0	55.2	27.0
Nicaragua	" 130 548	3.8	51.8	31.3	13.1
Panamá	" 75 900	4.0	21.2	39.3	35.5

FUENTE: Dourojeanni, 1982.

Cuadro 11. Crecimiento demográfico y densidad de población proyectados a los años 1990 y 2000

País	Crecimiento demográfico			
	1990		2000	
	Población (1000 hab)	Densidad (hab/km <sup>2</sup> )	Población (1000 hab)	Densidad (hab/km <sup>2</sup> )
Costa Rica	3075	60.4	3493	68.6
El Salvador	6484	306.5	8708	411.6
Guatemala	9676	88.9	12 739	117.0
Honduras	5182	46.2	6978	62.3
Nicaragua	3778	25.5	5154	34.8
Panamá	2533	32.9	3218	41.8

FUENTE: Dourojeanni, 1982.

Cuadro 12. América Central: distribución de la tierra

País	Tamaño de las unidades											
	Menos de 5.0 ha		5 - 15 ha		15 - 50 ha		50 - 100 ha		100 ha		TOTAL	
	Cantidad	Superf.	Cantidad	Superf.	Cantidad	Superf.	Cantidad	Superf.	Cantidad	Superf.	Cantidad	Superf.
Panamá	43 952	95 338	31 592	297 087	12 426	365 697	4712	310 712	2556	766 865	95 237	1 845 700
Costa Rica	35 243	59 007	17 872	187 628	12 436	387 099	5901	396 534	5646	2 092 190	76 998	3 122 457
Nicaragua	32 126	65 773	16 706	132 454	20 839	583 147	7376	460 912	8598	2 823 370	85 635	4 065 656
Guatemala	338 868	520 215	44 524	344 698	25 043	426 790	2065	183 018	6844	1 928 264	417 344	3 402 985
El Salvador	236 751	287 755	20 219	175 873	11 260	276 350	2241	154 840	1961	568 981	272 432	1 463 859
Honduras	124 781	238 993	47 485	469 419	15 170	461 216	4433	301 228	3473	1 158 003	195 341	2 629 859
<b>TOTAL</b>	<b>811 721</b>	<b>1 267 081</b>	<b>178 397</b>	<b>1 607 159</b>	<b>97 174</b>	<b>2 500 299</b>	<b>26 628</b>	<b>1 806 904</b>	<b>29 068</b>	<b>9 337 673</b>	<b>142 987</b>	<b>1 530 516</b>

FUENTE: Información de los países.

Las opciones tecnológicas pueden agruparse en tres grandes líneas:

- a) El mantenimiento de la estructura productiva actual, cuya ventaja es que ya existe y no requiere de ningún esfuerzo para funcionar, y su mayor desventaja, que la población creciente, la degradación ambiental y el deterioro de los precios relativos están superando su capacidad de generar bienestar en forma sostenida.
- b) La promoción de una tecnología basada en el empleo intensivo de insumos provenientes de fuera de la explotación. La condición de éxito de esta opción es que el aumento de la producción sea superior, en términos económicos, al incremento en los costos generados por los insumos. Esta opción puede verse severamente afectada por las condiciones climáticas, de suelos, de manejo, de capacidad económica del productor, etc.
- c) La promoción de una tecnología basada en el empleo de insumos generados en la finca; esta opción, cuyo nivel de producción es menor al de la anterior, debe ser considerada cuando se presenten una o más de las limitaciones citadas.

Los tres grupos de opciones tienen sus ventajas y sus problemas y su aplicabilidad dependerá, en gran medida, de las condiciones físicas y socioeconómicas existentes. Obviamente, las opciones presentadas no agotan la gama de alternativas existentes o formulables; sin embargo, en este trabajo sólo se considerarán esas debido a la imposibilidad de analizar todas las situaciones intermedias posibles.

Las opciones estructurales se refieren, básicamente, a la distribución de la tierra y a la disponibilidad del capital. Nuevamente, estas opciones no excluyen otras que pueden resultar significativas bajo diferentes condiciones.

El aspecto "distribución de la tierra" sólo incluye el tamaño de las explotaciones, sin entrar a considerar cuál es la forma de tenencia más adecuada. Las opciones sobre este punto son:

- a) Conservar la estructura actual de distribución de la tierra; la ventaja de esta alternativa es que ya existe, y su desventaja, que la parcelación dista mucho de lo óptimo, pues no responde a las condiciones ambientales que hacen a la producción, sino a otras totalmente ajenas.
- b) Promover una redistribución de la tierra que concentre las parcelas pequeñas y subdivida las mayores en función de la capacidad de uso de cada sitio y de la rentabilidad de las explotaciones.

En cuanto a la disponibilidad de capital, la cuestión puede abordarse de dos formas:

- a) A partir de la rentabilidad y de las actividades productivas que se realizan en la finca. Esta vía exige como condición indispensable que la actividad sea rentable en forma global y además, que el flujo de caja de la explotación sea tal que haya disponibilidad de fondos siempre que deban hacerse

las erogaciones destinadas a insumos. Esta condición es importante ya que su insatisfacción impide que las inversiones se realicen, a menos que se recurra al crédito, el que, a su vez, presenta innumerables limitaciones (existencia de cartera en las instituciones financieras, satisfacción de los requisitos por parte del solicitante, renuencia del productor a contraer deudas, etc.).

- b) A partir del crédito promocional ofrecido por el Estado. Esta opción, que ha sido ampliamente utilizada en otras épocas en los países de la región, presenta actualmente serios problemas de viabilidad debido a que la escasa capacidad de ahorro de los países hace que deba recurrirse al crédito externo para financiar tales promociones, lo que resulta difícil debido al alto nivel de endeudamiento externo existente.

Uno de los problemas centrales de este planteo es cómo combinar las distintas opciones tecnológicas y estructurales en la forma más eficiente según las necesidades y limitaciones de cada lugar.

La complejidad del problema radica, justamente, en que las distintas regiones requieren, según sus características físicas específicas (clima, suelo, topografía, etc.), de diferentes combinaciones de opciones tecnológicas y estructurales, a fin de optimizar tanto la rentabilidad como la conservación del ambiente a nivel de explotación individual y de conjunto regional.

El nivel productivo alcanzado bajo una determinada combinación de condiciones técnicas y estructurales recibe en este trabajo el nombre de "techo productivo". Obviamente, este techo productivo no es estático, sino que varía con los distintos factores que determinan la producción agropecuaria (clima, fertilidad del suelo, tecnología, etc.), y según la intensidad con que el uso productivo afecta al medio ambiente, acentuando o reduciendo las limitantes impuestas por él. Esta situación conduce a la necesidad de extender el análisis al estudio de la evolución del techo productivo de cada combinación escogida.

Este aspecto resulta muy importante cuando se trata de analizar la sostenibilidad de los sistemas de producción existentes o propuestos y, por lo general, sólo es considerado ocasionalmente en los trabajos de planificación global o sectorial.

La sostenibilidad de los sistemas de producción está profundamente ligada a los límites que el medio ambiente les impone. Cuando las exigencias de los sistemas de producción establecidos en un medio ambiente determinado sobrepasan su capacidad de sostén, se originan procesos de degradación ambiental (erosión, salinización, agotamiento de la fertilidad edáfica, etc.), que terminan por limitar hasta tal punto la producción agropecuaria, que los sistemas establecidos deben ser reemplazados por otros que tengan un menor nivel de exigencias hacia el ambiente. Los sistemas reemplazantes se desarrollan, entonces, en un medio ambiente degradado y, por lo tanto, más limitante que el inicial, lo que suma dificultades que conspiran contra su éxito.

Este techo productivo también es afectado por factores económicos tales como la variación en los precios de los productos en relación a los insumos, lo que debe te-

nerse en cuenta en el análisis, ya que las consideraciones respecto al techo productivo de los sistemas de producción no deben limitarse a los aspectos ambientales sino que deben abarcar también los aspectos económicos.

La determinación del techo productivo puede realizarse a distintas escalas, entre las cuales resultan de especial interés los niveles de región y de finca. El análisis a nivel de finca es esencial para evaluar los posibles resultados de la unidad elemental de producción, así como sus limitaciones y potencialidades. En la medida en que cada finca funciona como una unidad independiente, en la que el finquero resuelve acerca de la mejor forma de combinar los factores de producción, es importante estimar la posible evolución de los distintos tipos de fincas a fin de determinar sus posibilidades de permanencia en los sistemas de producción existentes o propuestos. Sin duda el estudio de este aspecto resulta complejo, aún cuando sólo se consideren unas pocas variables relevantes, tales como tamaño de la finca, suelo, pendiente y tecnología, debido a la variedad de situaciones que se presentan en la realidad. Sin embargo, si se omiten estos estudios o se sustituyen por análisis generales de costos tipo o de ingresos promedio, se introducen sesgos que llevan a tomar decisiones importantes sobre la base de promedios que no representan ninguna situación real. El sector agrario presenta, por lo general, una enorme diversidad de casos y situaciones, por lo que, en la medida en que los estudios de planificación, de determinación de políticas sectoriales y otros consideren con mayor detalle esta diversidad, más ajustados a la realidad serán sus resultados.

Por último, debe señalarse que las combinaciones de opciones que se escojan tendrán consecuencias importantes sobre la producción regional y, por lo tanto, sobre el consumo interno y la balanza de pagos nacional, el nivel de empleo, la demanda de insumos importados, los requerimientos de crédito, etc.; todos estos, factores que también deben considerarse al seleccionar las técnicas y las modificaciones estructurales que se desean promover.

Este análisis es complejo y su resolución no puede ser encarada a través de experimentos de tipo científico por razones obvias. Una herramienta útil en estos casos son los llamados modelos de simulación, herramienta que será empleada en este trabajo para obtener los resultados que se registrarían bajo condiciones determinadas. La desventaja de este tipo de modelo es que su valor predictivo en términos absolutos es bajo; su mayor ventaja es que permite hacer comparaciones válidas entre múltiples alternativas e introducir modificaciones a las variables e interacciones que se consideren más adecuadas, para estudiar el efecto de tales modificaciones sobre el conjunto del sistema.

La posibilidad de obtener estimaciones válidas a plazos de diez o más años, suponiendo la ocurrencia de unos u otros procesos, es uno de los aspectos más valiosos de los modelos de simulación, siendo esta información de gran valor para seleccionar las alternativas que se emplearán en una determinada situación. Toda mejora que pueda introducirse a este nivel en los procesos de planificación resultará, sin duda, en el logro de propuestas mejor ajustadas a la realidad actual y previsible, las que contarán con mayores posibilidades de éxito al ser llevadas a la práctica.

## OBJETIVOS

Los objetivos principales de este trabajo son:

- a) Determinar el techo productivo de unidades de producción agropecuaria típicas de una región de América Central. Estas unidades deberán ser representativas de los distintos estratos de tamaño de finca de la región seleccionada. El techo productivo se determinará con base en las características de suelo, clima y topografía del área, las actividades productivas propias de la región, el tamaño de las fincas y las distintas tecnologías practicadas en las mismas para un período de diez años, a fin de recoger, en los resultados, el efecto conjunto de estos factores sobre la producción y el ingreso de las explotaciones.
- b) Determinar el techo productivo de la región seleccionada para el objetivo anterior, mediante la articulación de los distintos tipos de fincas típicas, evaluando la producción regional, el deterioro del recurso suelo y la influencia de las distintas opciones posibles sobre las variables socioeconómicas de interés regional y nacional.
- c) Determinar la sostenibilidad del techo productivo de las distintas fincas y de la región, en especial en lo que se refiere a sus aspectos económicos. Cuando los requerimientos de los sistemas de producción exceden la capacidad de sostén del medio ambiente, se producen procesos de degradación; un aspecto que se desea evaluar es la intensidad de la acción limitante de estos procesos sobre la producción en el tiempo y en distintos ambientes físicos.
- d) Determinar el efecto del régimen de precipitaciones sobre el techo productivo de las distintas fincas en los diferentes ambientes físicos de la región. La irregularidad de las lluvias y la frecuente ocurrencia de canículas severas hacen suponer una fuerte influencia de estos factores sobre el techo productivo.
- e) Determinar la influencia conjunta de las variaciones de los precios de insumos y de productos sobre el techo productivo. Estas variaciones se estiman con base en las tendencias recientes de precios, y luego se proyectan al plazo deseado.
- f) Determinar el efecto de distintas perspectivas de redistribución de la tierra sobre las variables productivas, ambientales y socioeconómicas de la región. Este análisis intentará estudiar algunas de las situaciones que pueden presentarse al implementar distintas políticas al respecto.

Como objetivo secundario se pretende evaluar la utilidad de los modelos de simulación para los distintos tipos de análisis citados, bajo las condiciones de escasez de información que son comunes en América Central. Los datos obtenidos mediante los estudios previstos podrían mostrar que el empleo de este tipo de modelos genera información de valor para una serie de tareas, extendiendo el uso de los mismos a actividades tales como planificación de la investigación, planificación de la extensión agrícola, planificación sectorial, evaluación de políticas nacionales y sectoriales, capacitación en planificación, estudios de sostenibilidad productiva, etc.

## **METODOLOGIA**

La metodología utilizada para alcanzar los objetivos propuestos consiste en la formulación de un modelo de simulación capaz de reproducir con fidelidad los rasgos principales de la región considerada y de sus sistemas de finca, y en el análisis posterior de la información generada por el mismo. Este modelo, cuya estructura y funcionamiento se describen en el Capítulo 5, es alimentado con distintos tipos de datos a fin de que provea la información necesaria para realizar los análisis previstos.

Es necesario destacar que el tipo de modelo empleado produce información válida para efectuar comparaciones y determinaciones de tendencias, debido a que sólo incluye los principales factores e interacciones de los sistemas representados, manteniendo constantes las otras variables. En esta forma, se alcanzan soluciones que representan la interacción de las variables principales pero ignoran las otras, lo que afecta el valor predictivo de los resultados obtenidos. El valor del modelo, de los resultados y de la interpretación de los mismos depende, básicamente, de que en la formulación del modelo se hayan recogido todas las variables principales, estableciendo correctamente las interacciones respectivas.

Una vez que el modelo ha sido formulado, se le incorporan las variaciones que se desea analizar (sobre las variables e interacciones que lo componen) y se le hace funcionar; los resultados obtenidos reflejan el efecto de las variaciones introducidas.

La selección de las variaciones que se incorporarán al modelo con el fin de simular distintos efectos dependerá del estudio que se quiera efectuar, de acuerdo con los objetivos planteados (ver Capítulo 5 y Anexo 1).

Dadas las características del modelo descrito, no es posible analizar estadísticamente los resultados obtenidos para determinar intervalos de confianza o efectuar pruebas de hipótesis sobre diferencias entre promedios.

## CARACTERIZACION DE LA REGION SELECCIONADA

La selección del área de Jocoro, en El Salvador, para desarrollar este estudio, se debió fundamentalmente a tres razones:

- a) La región es representativa del área que sufre la estación seca más prolongada del istmo. Esta zona, que corresponde a la vertiente del Pacífico del subcontinente (Figura 1) ocupa el 30% de su superficie y concentra un elevado porcentaje de la población total.
- b) En ella operan simultáneamente limitaciones de tipo ambiental (clima y suelos) y de tipo socioeconómico (distribución de la tierra, predominio absoluto de la producción agropecuaria y otras), lo que configura una situación compleja que exige respuestas flexibles y de distinta orientación, según el sector al que estén destinadas.
- c) El volumen de información disponible sobre las características ambientales y socioeconómicas del área no es muy significativo, situación común a la mayor parte de la región. Sin embargo, se cuenta con un aceptable nivel de información sobre la estructura y dinámica de los sistemas de finca como resultado de las actividades del Proyecto "Sistemas de producción para pequeñas fincas" conducido por el convenio entre el CATIE, ROCAP y las instituciones nacionales de investigación agrícola.

## DEFINICION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona a estudiar está constituida por las cuencas de los ríos San Juan y Las Garzas, que forman parte de la cuenca del río Taisihuat, el cual, a su vez, integra la cuenca del río Grande de San Miguel (Figura 2).

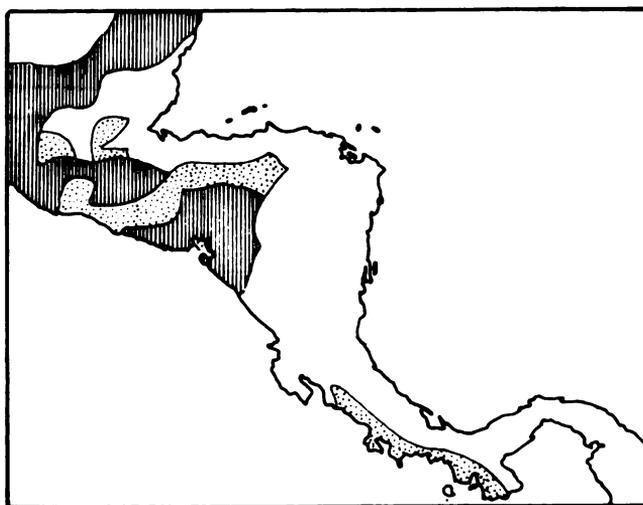


Figura 1:  Áreas con régimen de lluvias igual al de la zona en estudio.  
 Áreas con régimen de lluvias muy similar al de la zona en estudio.

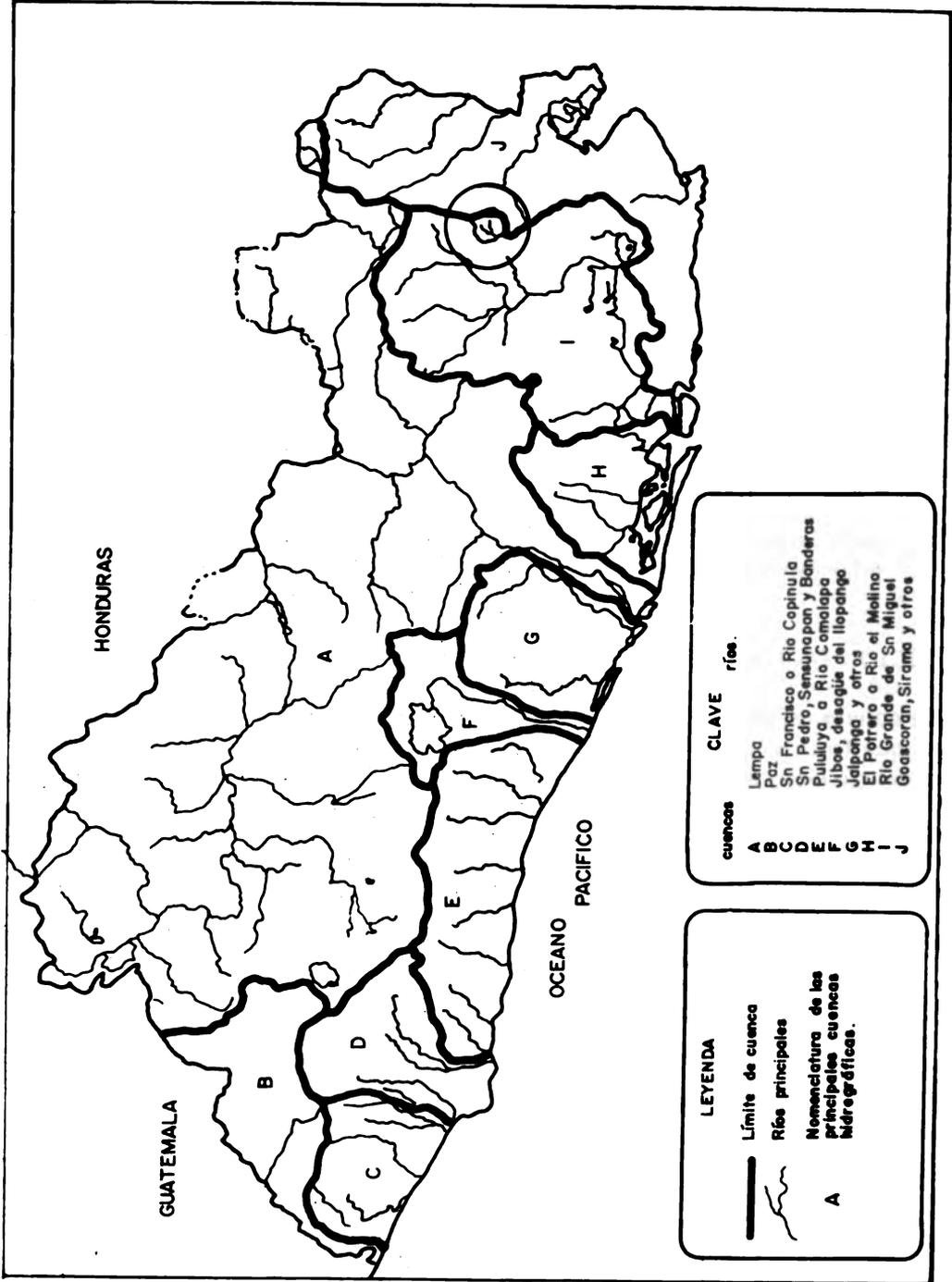


Figura 2: Ubicación de la zona en estudio dentro de la República de El Salvador.

## LOCALIZACION

El área de trabajo se encuentra unos 5 km al sur de Jocoro, entre las poblaciones de Yucuaiquín y Uluazapa, en el punto de contacto de los departamentos de San Miguel, Morazán, y La Unión (Figura 3). La zona, ubicada entre los 13°35' de latitud norte y los 88°00' de longitud oeste, tiene una superficie de 3512 hectáreas.

## TOPOGRAFIA Y PENDIENTES

El relieve general de las cuencas es suave en los valles que rodean los cauces de los ríos y escabroso en las zonas que corresponden a las nacientes.

La altitud general de la zona en estudio es de baja a mediana; la mayor parte del área está por debajo de los 300 msnm. La confluencia de los ríos Las Garzas y San Juan, a 160 msnm, marca el punto de menor altitud; el más alto es el cerro Jocoro, que alcanza los 612 msnm.

El mapa de pendientes de la zona (Figura 4) se confeccionó con ayuda de la Hoja Cartográfica correspondiente al Cuadrante 2556 I: Jocoro (escala 1:50000), publicada por la Dirección General de Cartografía de El Salvador. Los rangos de pendientes considerados fueron del 0 al 10%, del 10 al 40% y superior al 40%, correspondientes a lo que en general se acepta como pendiente límite para cultivos de ciclo anual (10%) y pasturas (40%), sin prácticas de conservación de suelos. En el Cuadro 13 se presenta la información correspondiente al área comprendida en cada rango .

Cuadro 13. Superficie bajo distintos rangos de pendientes. Jocoro, El Salvador.

PENDIENTE (%)	SUPERFICIE	
	(ha)	(%)
0 - 10	1101	
0 - 10	1101	31.3
10 - 40	1730	49.3
> 40	681	19.4
TOTAL	3512	100.0

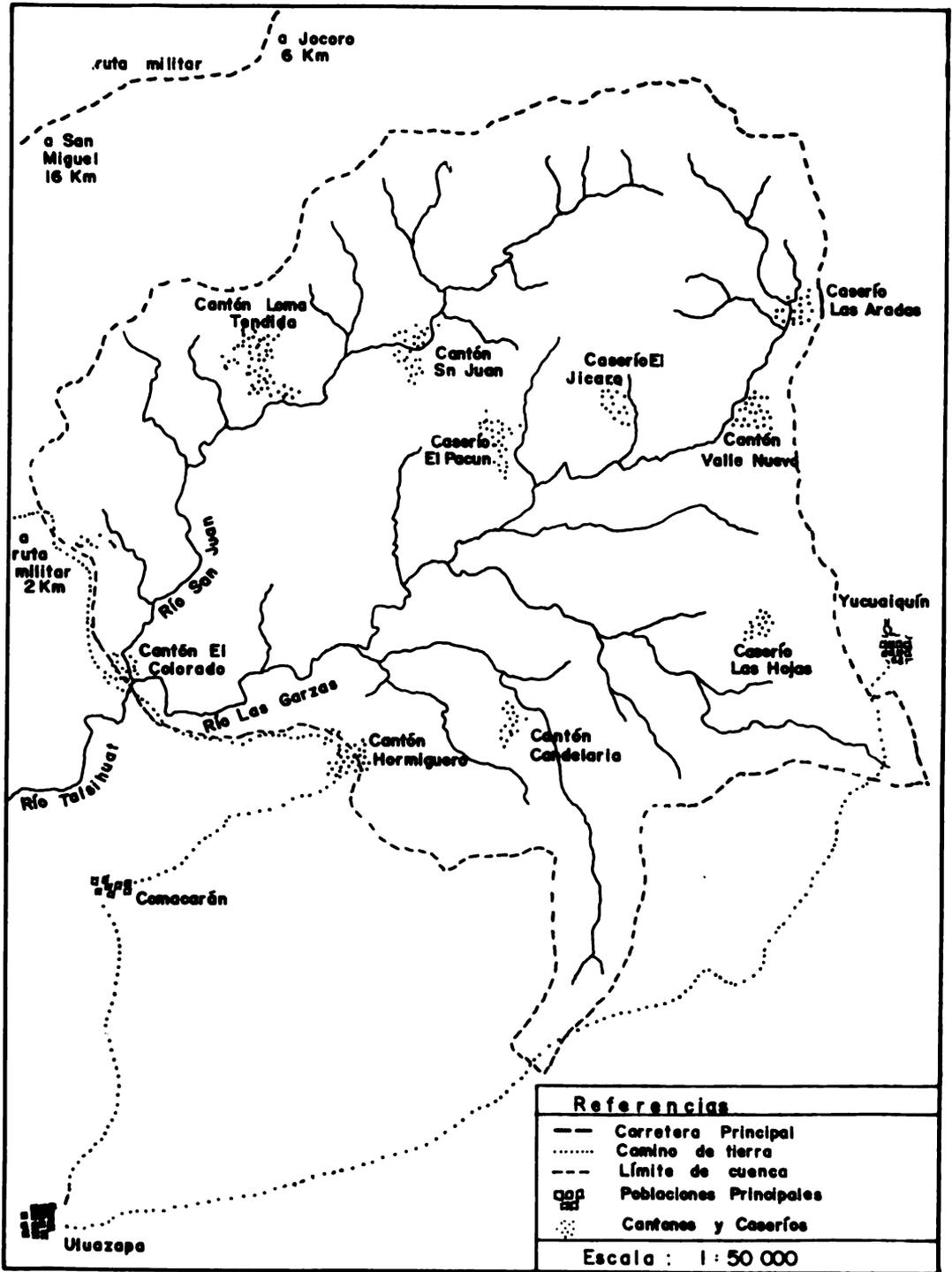


Figura 3: Ubicación del área en estudio.

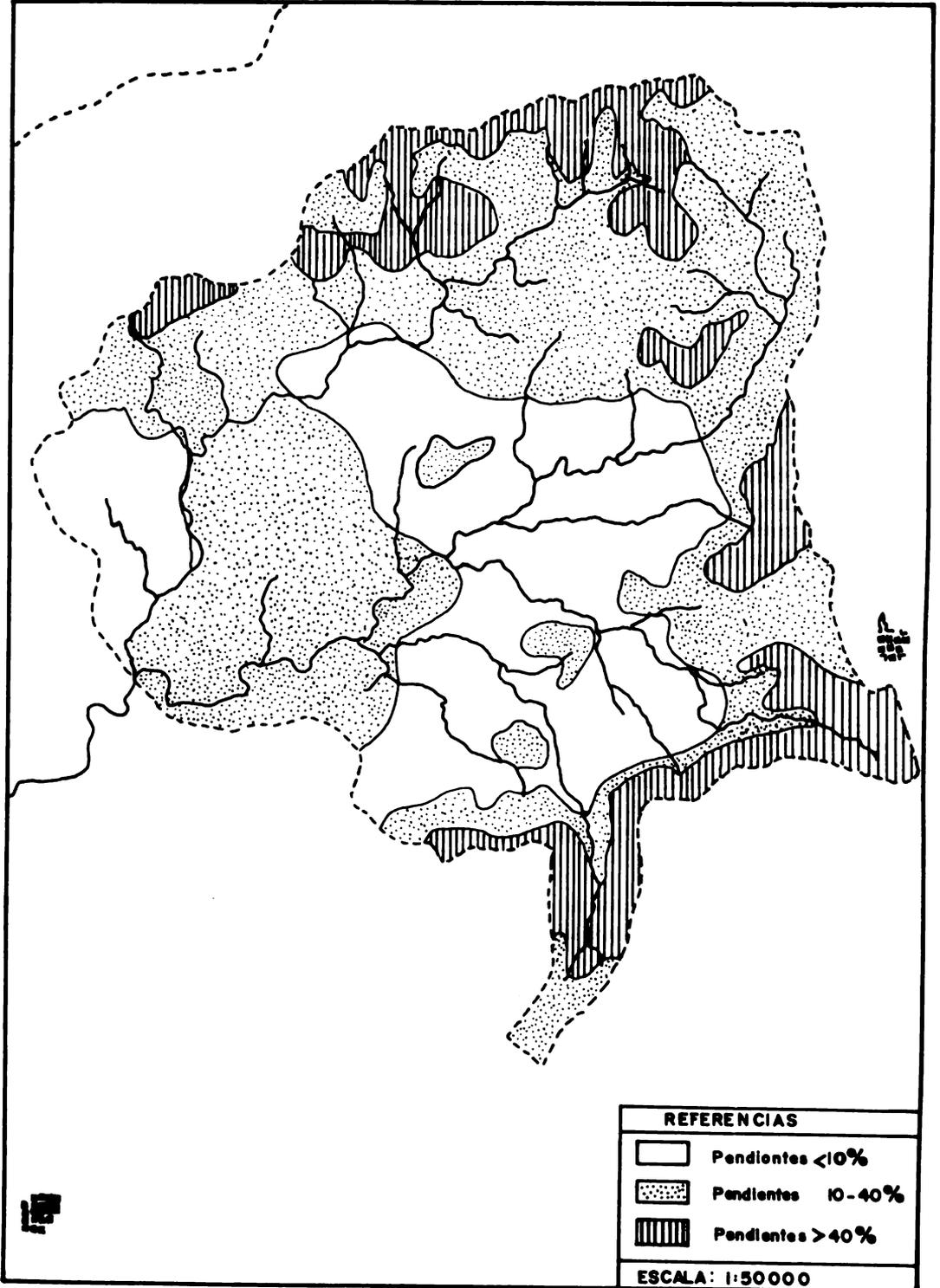


Figura 4: Mapa de pendientes del área.

## CLIMA

### Temperaturas

La temperatura media anual es de 26,5°C, con máximas medias de 38°C entre marzo y mayo y mínimas medias de 20°C en diciembre. La amplitud térmica diaria es muy marcada durante la estación seca (12°C a 40°C) y más atenuada en la estación húmeda (18°C a 35°C). La Figura 5 muestra la evolución de los distintos tipos de temperatura a lo largo del año para la localidad de Pasaquina, cuyas características climáticas son semejantes a las de la zona en estudio.

### Humedad relativa

Los valores de humedad relativa ambiente durante la estación seca son bajos, con un promedio de 60% y mínimos al mediodía inferiores al 20 %; durante la estación húmeda, los valores medios se elevan hasta el 80%. La Figura 6 muestra la marcha anual de la humedad relativa ambiente en dos estaciones próximas a la región.

### Precipitaciones

El régimen de precipitaciones del área de Jocoro se caracteriza por:

- a) Una estación seca, que se extiende desde mediados de noviembre hasta abril, durante la cual las precipitaciones no alcanzan a compensar la evapotranspiración potencial.
- b) Una estación húmeda, que se extiende desde mayo hasta mediados de noviembre, en la que las precipitaciones superan con exceso a la evapotranspiración potencial.
- c) La ocurrencia frecuente de períodos secos prolongados (canículas) que interrumpen la estación húmeda. Las canículas se concentran en el mes de julio y su duración es muy variable (entre 5 y 25 días).

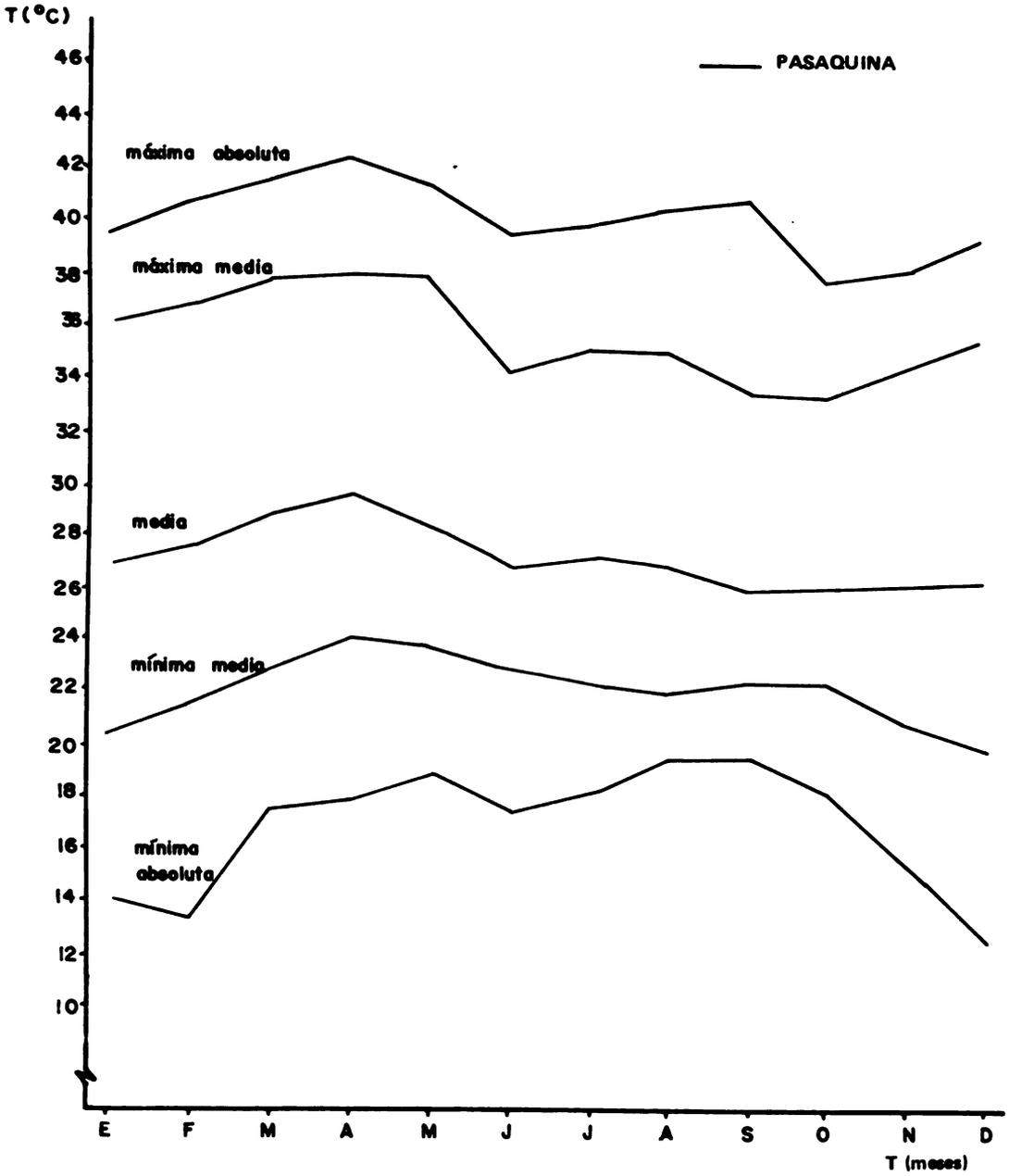


Figura 5: Marcha anual de la temperatura para estaciones representativas.

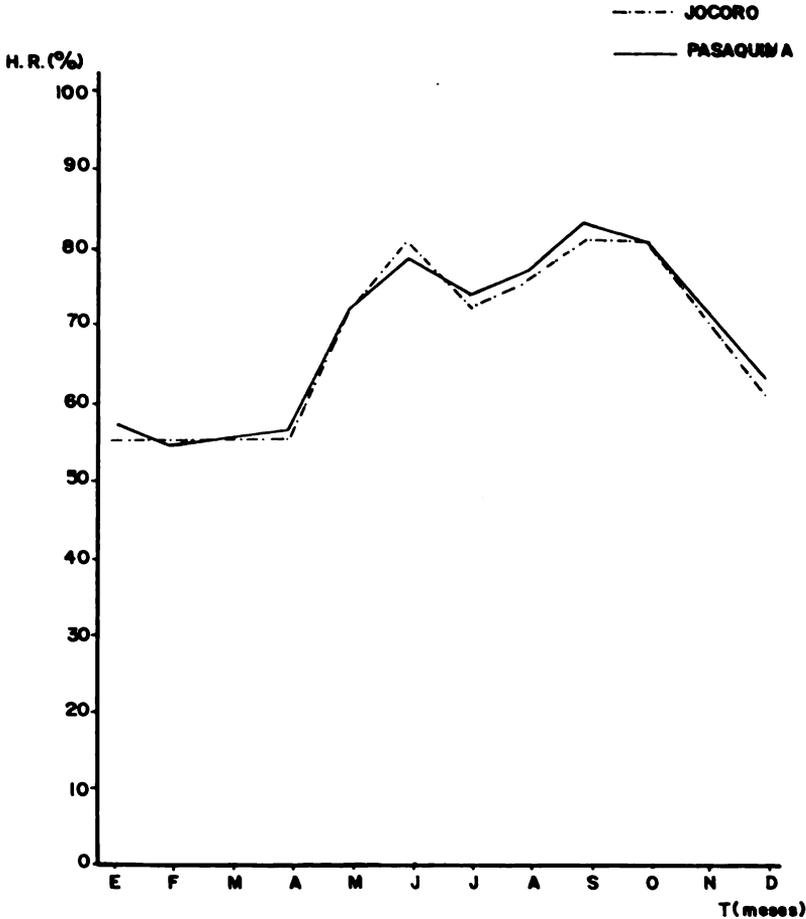


Figura 6: Marcha anual de la humedad relativa media y mínima absoluta.

Un estudio conducido en Santa Rosa de Lima, localidad cercana a la región, durante 12 años, registró la ocurrencia de tres canículas superiores a 16 días y de siete superiores a 10. La incidencia se puede considerar, entonces, como severa, calculándose una ocurrencia promedio de canículas severas en tres años de cada diez. El Cuadro 14 reproduce las probabilidades de precipitación para los distintos meses del año calculadas por Hancock (1978) para la estación de Pasaquina.

### Balance hídrico y disponibilidad de agua

En la Figura 7, que representa el balance hídrico de Jococho (CATIE, 1984), es posible observar que bajo condiciones promedio, la reserva hídrica del suelo permite mantener el abastecimiento de agua a los cultivos durante la canícula de julio y los primeros treinta días de la estación seca, contados a partir de la disminución pronunciada de las lluvias en octubre-noviembre.

Obviamente, la variabilidad de las precipitaciones mensuales presentadas en el Cuadro 14 hace que el valor práctico del balance hídrico promedio sea escaso, por lo que es preferible que la elaboración de estos balances se haga en términos de probabilidades.

### Zonas de vida

De acuerdo con la clasificación de Holdridge, la región en estudio pertenece al bosque seco tropical, transición a subtropical.

Cuadro 14. Probabilidades de precipitación. Estación Pesaguina

Mes	Media	Probabilidades de precipitación (%)													
		96.	95.	90.	80.	75.	70.	60.	50.	40.	30.	25.	20.	10.	5.
Enero	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	1.	1.	3.	5
Febrero	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0
Marzo	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	2.	3
Abril	51.	0.	0.	1.	2.	3.	8.	16.	28.	48.	62.	81.	147.	220.	220
Mayo	213.	121.	137.	159.	160.	176.	192.	207.	223.	241.	252.	264.	297.	326.	326
Junio	321.	115.	145.	189.	207.	225.	260.	296.	335.	381.	407.	439.	528.	610.	610
Julio	154.	46.	61.	83.	92.	102.	120.	139.	160.	185.	199.	216.	266.	313.	313
Agosto	230.	122.	141.	166.	176.	186.	204.	222.	241.	262.	275.	289.	329.	365.	365
Setiembre	417.	224.	257.	302.	321.	338.	371.	403.	437.	476.	498.	524.	596.	660.	660
Octubre	320.	143.	171.	211.	227.	243.	273.	303.	335.	373.	394.	419.	490.	554.	554
Noviembre	48.	3.	5.	11.	14.	18.	25.	34.	44.	58.	67.	77.	110.	143.	143
Diciembre	2.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	1.	2.	3.	6.	10.	10
	1757.	1326.	1412.	1520.	1563.	1602.	1673.	1743.	1914.	1892.	1936.	1986.	2121.	2238.	2238

FUENTE: HANCOCK *et al* (1978).

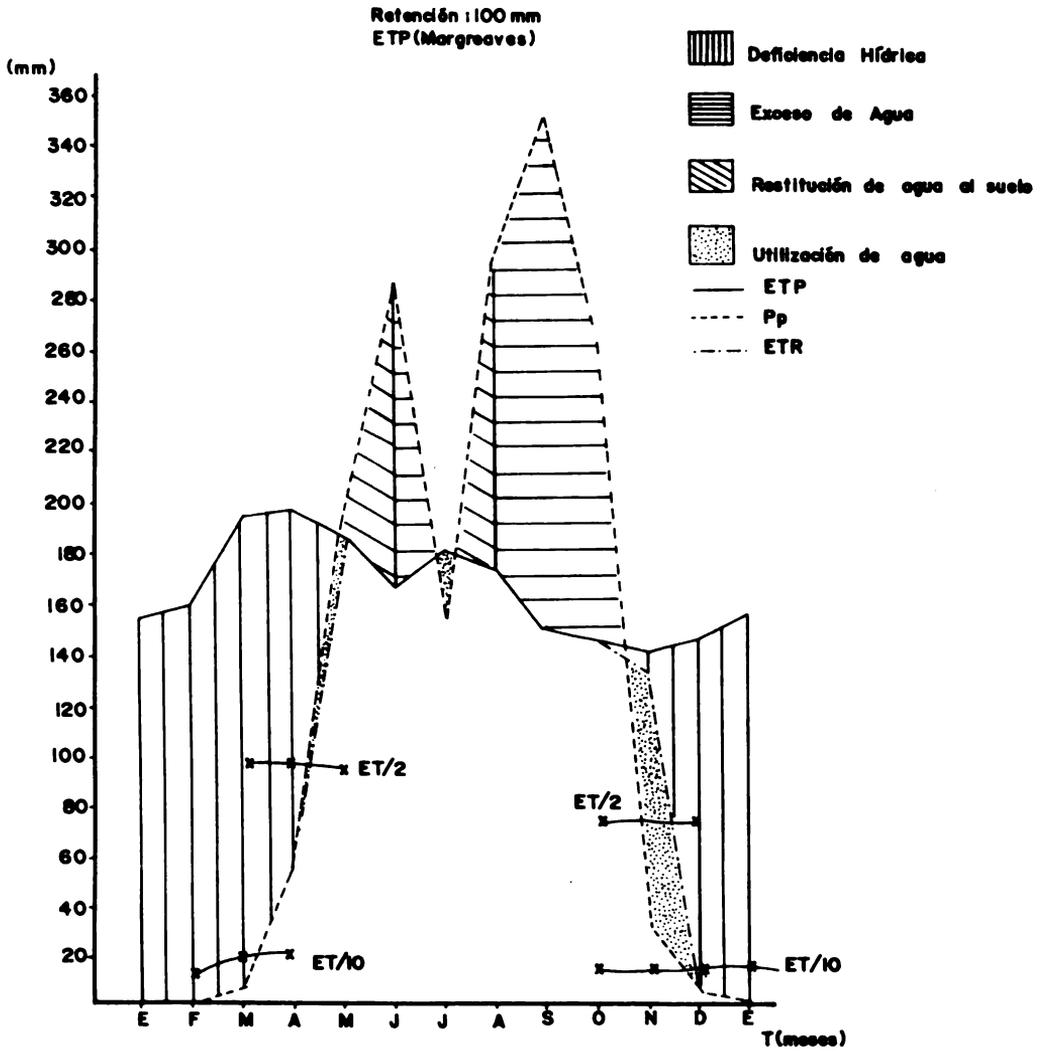


Figura 7: Balance hídrico, Jocoro. Departamento de Morazán, El Salvador

## SUELOS

De acuerdo con el levantamiento general de suelos realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador en 1960, las unidades de mapeo de suelos correspondientes a la zona en estudio (Figura 8) son las siguientes:

- a) Pasaquina-Uluazapa, ondulado en valles antiguos (PQB). Son suelos ubicados en los valles de los ríos, de textura arcillosa y pedregosidad variable. Su drenaje es de moderado a lento y se los clasifican como Grumosoles, Latosoles arcillo-rojizos y Litosoles. De acuerdo con Soil Taxonomy clasificarían como Inceptisoles (Ustropepts).
- b) Yayantique-Siguatopeque en cerros (YAD). Son suelos ubicados en los altiplanos antiguos, fuertemente diseccionados, de textura franco-arcillosa y mediano drenaje interno. Son más pedregosos que los anteriores y su profundidad es menor; se los clasifica como Latosoles arcillo-rojizos con Litosoles asociados. En Soil Taxonomy han sido definidos como Alfisoles.

El Cuadro 15 detalla el área cubierta por ambos tipos de suelo en la zona en estudio.

Cuadro 15. Superficie cubierta por los distintos tipos de suelo

SUELO	SUPERFICIE	
	(ha)	(%)
Pasaquina - Uluazapa	1223	34.8
Yayantique - Siguatopeque	2289	65.2
TOTAL	3512	100.0

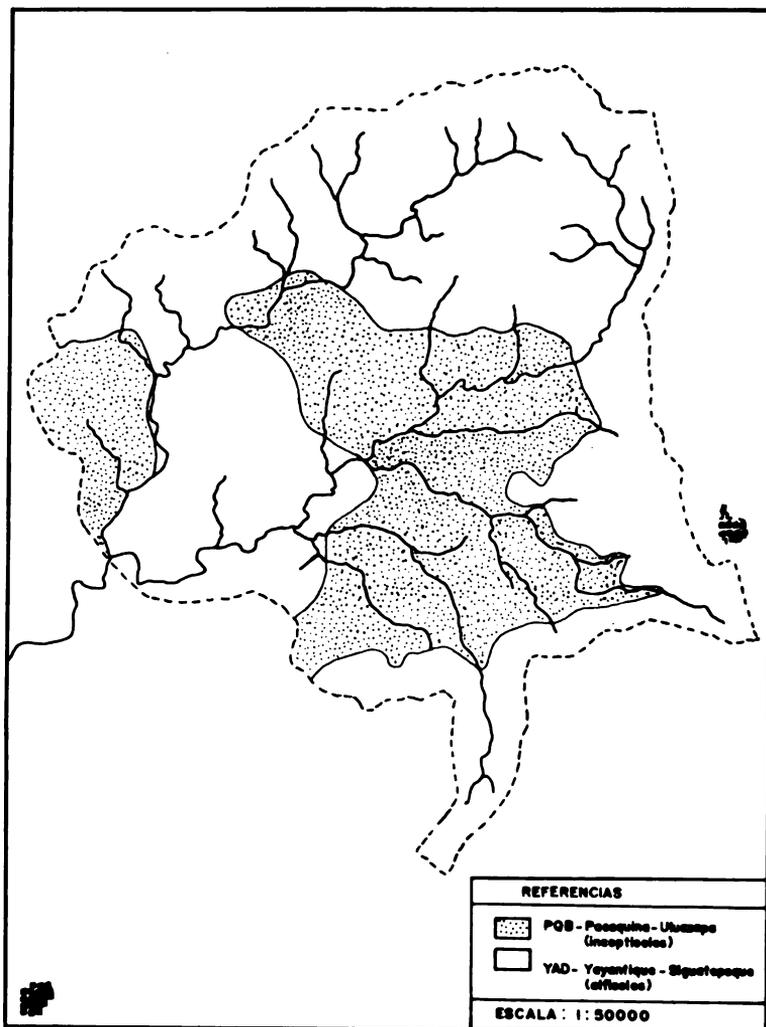


Figura 8: Mapa de suelos del área.

## CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA

El levantamiento general de suelos citado en el punto anterior incluye la capacidad de uso de los mismos, establecida con base en el sistema de clases propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. La información suministrada es la siguiente:

### a) Suelos Pasaquina-Uluazapa:

**Clase III E:** 5% Apta para cultivos anuales, limitada por el riesgo de erosión; requiere métodos intensivos de conservación.

**Clase III AS:** 5% Apta para cultivos anuales, con serios riesgos de erosión e inundaciones; exige fuertes medidas correctivas.

**Clase VII S:** 55%. Apta para pastos y, a veces, sólo para bosques.

**Clase VII ES:** 35% Similar a la anterior, pero con mayor riesgo de erosión, lo que limita el uso para pasturas.

## b) Suelos Yayantique-Siguatopeque:

Clase III E: 7% Igual a la misma clase anterior.

Clase VII E: 63% " " " "

Clase VII ES: 30% " " " "

El Cuadro 16, que muestra el área correspondiente a las distintas capacidades de uso para la región en estudio, se preparó con base en esta información.

Cuadro 16. Superficie de las distintas unidades de capacidad de uso.

CAPACIDAD DE USO	SUPERFICIE	
	(ha)	(%)
Cultivos anuales	282	8,0
Pastos	2115	60,2
Bosques y montes	1115	31,8
TOTAL	3612	100,0

FUENTE: Elaborado a partir de datos de El Salvador (1960).

## USO ACTUAL DE LA TIERRA

Los datos del Tercer Censo Nacional Agropecuario de 1971 ofrecen información muy confiable con respecto al uso actual de la tierra, aunque tienen el inconveniente de ser bastante antiguos. Con base en ellos, se elaboró el Cuadro 17, que detalla los distintos usos de la tierra en el municipio de Jocoro.

Cuadro 17. Uso actual de la tierra en el municipio de Jocoro, El Salvador.

USO	SUPERFICIE	
	(ha)	(%)
Cultivos anuales	733	14,0
Cultivos permanentes	21	0,4
Pastos naturales y sembrados	3923	75,0
Montes y bosques	283	5,4
Otros usos	268	5,2
TOTAL	5228	100,0

FUENTE: Tercer Censo Nacional Agropecuario, 1971.

## CONFLICTOS EN EL USO DE LA TIERRA

El Cuadro 18 presenta los conflictos en el uso de la tierra, comparando la capacidad de uso del recurso con el uso actual del mismo. El análisis de la información presentada muestra la existencia de un sobreuso de la tierra que afecta aproximadamente al 25% de la superficie de la zona en estudio.

Cuadro 18. Conflictos en el uso de la tierra (primera aproximación)  
Jocoro, El Salvador

CATEGORIA	CAPACIDAD DE USO (ha)	(%)	USO ACTUAL (*) (ha)	(%)
Cultivos anuales	282	8.0	520	14.8
Cultivos permanentes	0	0.0	14	0.4
Pastos	2115	60.2	2774	79.0
Bosques y montes	1115	31.8	204	5.8
<b>TOTAL</b>	<b>3512</b>	<b>100.0</b>	<b>3512</b>	<b>100.0</b>

\* El porcentaje correspondiente a "otros usos" se ha distribuido en forma proporcional entre las restantes categorías.

## DISTRIBUCION Y TENENCIA DE LA TIERRA

Los datos generales sobre la distribución de la tierra según el tamaño de las fincas para la República de El Salvador ya fueron presentados en el Cuadro 12. Comprobaciones indirectas, basadas en la información suministrada por la OEA (1974), muestran que los promedios nacionales no se apartan demasiado de los valores asignados a los departamentos donde se localiza la zona en estudio.

El Cuadro 19, tomado del estudio de la OEA (1974), presenta las distintas formas de tenencia de la tierra en El Salvador de acuerdo con los datos del Segundo Censo Nacional Agropecuario (1961).

## ACTIVIDAD ECONOMICA PREDOMINANTE

El Cuadro 20 muestra la composición del producto bruto interno de El Salvador para el período 1980-1983; del análisis del mismo se desprende que el sector agropecuario es el mayor contribuyente al PBI (29,5%), seguido por los sectores de servicios comunales, sociales y personales (21,3%), industria manufacturera (16,1%) y comercio (15,3%).

Sin embargo, las cifras citadas no reflejan la realidad regional del país, que muestra una elevada concentración de las actividades no agrícolas en la zona central, tal como se aprecia en el Cuadro 21, que presenta la importancia relativa (por regiones) de la actividad industrial y del comercio; de esta información surge que la importancia relativa de la actividad agropecuaria en el área en estudio es muy superior al promedio nacional.

Cuadro 19. Tenencia de la tierra. El Salvador, 1961

Tamaño de la explotación	Número de explotaciones		Propietario		Arrendatario simple		Propietario arrendatario		Colonos		Otras formas	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Minifincas menores de 1 hectárea	107 054	47.18	28 903	32.15	24 442	56.25	7 676	25.75	42 447	76.11	3 586	45.12
Subfamiliares de 1 a 4.99 ha	86 244	38.01	33 856	37.65	7 897	41.18	7 744	59.53	13 314	23.87	3 433	43.20
Familiares de 5 a 49.99 ha	29 236	12.89	23 382	26.00	983	2.26	4 183	14.04	8	0.02	680	8.56
Multifamiliares	4 362	1.92	3 777	4.20	136	0.31	202	0.68	--	--	248	3.12
Medianas	4 048	1.78	3 516	3.91	130	0.30	192	0.64	--	--	210	2.64
Grandes	314	0.14	261	0.29	5	0.01	10	0.04	--	--	38	0.48
<b>TOTAL</b>	<b>226 896</b>	<b>100.00</b>	<b>88 918</b>	<b>100.00</b>	<b>43 457</b>	<b>100.00</b>	<b>29 805</b>	<b>100.00</b>	<b>55 769</b>	<b>100.00</b>	<b>7 947</b>	<b>100.00</b>

FUENTE: Segundo Censo Agropecuario, 1961.

Cuadro 20. Composición del producto bruto interno por actividad económica.  
El Salvador

	Millones de dólares a precios de 1970				Composición porcentual		
	1980	1981	1982	1983	1970	1980	1983
Producto interno bruto	1920	1761	1662	1662	100.0	100.0	100.0
Bienes	980	898	847	837	51.4	50.5	49.6
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	574	537	512	498	30.6	29.6	29.5
Explotación de minas y canteras	3	3	3	3	0.2	0.1	0.2
Industrias manufactureras	329	295	270	272	17.6	17.0	16.1
Construcción	74	63	62	64	3.0	3.8	3.8
Servicios básicos	167	151	144	147	6.9	8.6	8.7
Electricidad, gas y agua	54	52	50	51	1.6	2.8	3.0
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	113	100	94	96	5.3	5.8	5.7
Otros servicios	791	735	701	705	41.6	40.8	41.7
Comercio, establecimientos financieros y seguros	336	288	258	258	20.3	17.3	15.3
Propiedad de vivienda	80	83	85	86	4.0	4.1	5.1
Servicios comunales, sociales y personales	375	364	358	361	17.3	19.4	21.3
Servicios gubernamentales	220	223	230	233	8.4	11.4	13.8

FUENTE: CEPAL, 1985.

Cuadro 21. Importancia relativa de la industria y el comercio en las distintas regiones de El Salvador.

Región	Industria mediana y grande		Industria pequeña		Comercio	
	Estable- cimientos %	Personal ocupado %	Estable- cimientos %	Personal ocupado %	Estable- cimientos %	Personal ocupado %
Occidental	14.1	21.3	20.5	19.4	18.7	11.2
Central	43.3	51.5	42.2	42.0	50.2	72.4
Paracentral	26.2	16.4	20.1	19.9	17.5	8.1
Oriental (*)	16.4	10.8	17.2	18.7	13.6	8.3
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

FUENTE: CEPAL (1985).

A partir de la información resumida en los dos cuadros anteriores, se elaboró el Cuadro 22, que presenta un cálculo aproximado de la importancia relativa de los principales componentes del PBI de la región, determinado mediante el ajuste de los valores promedio nacionales.

**Cuadro 22.** Comparación de la importancia relativa de los principales componentes del PBI nacional y del correspondiente a la región Oriental.

<b>COMPONENTE</b>	<b>PROMEDIO NACIONAL ( % )</b>	<b>REGION ORIENTAL ( % )</b>
Prod. agropecuaria	29.5	74.5
Industria manufacturera	16.1	2.7
Comercio	15.3	2.1
Servicios	21.3	2.9

## INFRAESTRUCTURA FISICA

El área de Jocoro se encuentra en la región Oriental de El Salvador, que es una de las menos desarrolladas en lo que hace a infraestructura física.

En el Cuadro 23 se presenta el total de carreteras del país (pavimentadas, revestidas y no revestidas) por departamento, así como su densidad por kilómetro cuadrado de superficie. La denominada Ruta Militar se encuentra a sólo dos kilómetros de la zona en estudio, permitiendo un acceso fácil a las localidades de San Miguel (22 km), Santa Rosa de Lima (14 km) y San Francisco Gotera (15 km).

La escasez de medios de transporte constituye una fuerte limitante para la comercialización de los productos agrícolas (Cuadro 24). La red ferroviaria nacional no llega hasta la zona de Jocoro; el punto de embarque más cercano se encuentra en San Miguel, a 22 km de distancia.

El desarrollo de la electrificación rural es muy escaso, por lo que el servicio eléctrico se circunscribe a los centros poblados.

## SISTEMAS DE PRODUCCION CARACTERISTICOS

A juzgar por los estudios disponibles (CATIE, 1984; Rodríguez Sandoval, 1984), la actividad predominante en la zona es la ganadería con base en pastos naturales y apoyada por el cultivo del maíz, solo o en asociación con sorgo. Este sistema de producción es el más difundido, cualquiera sea el tamaño de la finca.

Las diferencias más importantes entre las fincas, de acuerdo con el estrato de tamaño, parecen ser las siguientes:

Cuadro 23. Extensión (en km) de las carreteras nacionales. El Salvador.

Región	Pavimentadas	Revestidas	No revestidas	Total	%	Densidad km/km <sup>2</sup>
<b>OCCIDENTAL</b>	<b>259.4</b>	<b>405.1</b>	<b>1778.9</b>	<b>2443.4</b>	<b>28.08</b>	<b>.55</b>
Ahuachapán	60.4	93.0	699.4	852.8	9.80	.66
Santa Ana	99.5	200.2	712.4	1012.2	11.64	.51
Sonsonate	99.5	111.9	367.0	578.4	6.65	.49
<b>CENTRAL</b>	<b>558.1</b>	<b>727.6</b>	<b>2481.5</b>	<b>3767.2</b>	<b>43.29</b>	<b>.43</b>
La Libertad	176.6	105.8	608.2	890.6	10.23	.54
San Salvador	123.0	38.2	182.0	343.2	3.94	.39
La Paz	87.6	55.5	499.6	642.7	7.38	.53
Chalatenango	60.5	143.5	433.0	637.0	7.32	.34
Cuscatlán	32.5	138.9	193.1	364.0	4.18	.50
Cabañas	10.4	122.7	261.2	394.3	4.53	.36
San Vicente	68.0	123.0	304.4	495.4	5.69	.41
<b>ORIENTAL</b>	<b>391.0</b>	<b>451.9</b>	<b>1648.7</b>	<b>2491.6</b>	<b>28.63</b>	<b>.31</b>
Usulután	118.5	143.5	631.2	893.2	10.28	.45
San Miguel	125.0	148.9	437.1	711.0	8.17	.33
Morazán	31.5	46.4	289.6	367.5	4.22	.21
La Unión	116.5	113.1	290.8	519.9	5.97	.25
<b>Total</b>	<b>1208.5</b>	<b>1584.6</b>	<b>5909.1</b>	<b>8702.2</b>	<b>100.00</b>	<b>.41</b>

FUENTE: D.G.C. Febrero, 1971.

Cuadro 24. Medios de transporte utilizados por las explotaciones que venden sus productos en el mercado.

Medio	No. de explotaciones	Porcentaje
A pie	31	9
Animal	77	25
Carreta	172	55
Camión o vehículo liviano	36	11
<b>Total</b>	<b>316</b>	<b>100</b>

FUENTE: Tercer Censo Nacional Agropecuario, 1971.

- a) En las explotaciones pequeñas (menores de 5 ha), la mayoría de los jefes de familia y de los hijos mayores trabajan parte del año fuera de la finca; el autoconsumo cubre más del 80% de la producción, y sólo queda un pequeño remanente de grano y algún animal (porcino o bovino) para la venta.

- b) Las fincas medianas (5 a 15 ha) parecen concentrarse en la producción comercial de leche, a partir de ganado de doble propósito. La distancia a los centros de consumo y los problemas de transporte conducen a que, en la mayoría de los casos, la leche sea empleada en la elaboración de quesos, que constituyen el producto comercial de la finca. Los requerimientos de manejo del hato hacen de este estrato de productores los principales consumidores de insumos, como concentrados y otros alimentos para el ganado, durante la estación seca.
- c) Las explotaciones mayores están orientadas hacia la producción extensiva de carne con base en pastizales naturales, y son la fuente de tierras para arrendamiento.

## NIVEL TECNOLÓGICO

El nivel tecnológico de la región es muy bajo, como puede apreciarse a través de la información presentada en el Cuadro 25, donde se observa que la proporción de productores que adoptan niveles mínimos de tecnología, tal como el empleo de semillas mejoradas, es mínima. Asimismo, es obvio que hay muy poca diversificación productiva; esta situación resulta agravada por las características del clima.

Cuadro 25. Origen de la semilla de maíz. Jocoro, El Salvador

Cultivo	Jocoro		Morazán	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Maíz híbrido	7.4	1.4	190.8	5.0
Maíz var. local	513.0	98.6	3594.9	95.0

FUENTE: Tercer Censo Nacional Agropecuario, 1971.

El trabajo de Rodríguez Sandoval (1984) realizado en Divisadero, localidad situada a dos kilómetros de la zona en estudio, y que quizás haya incluido a productores de Jocoro, ofrece información adicional sobre este tema. El estudio, efectuado sobre una muestra de 82 agricultores con fincas de menos de 7 ha, dedicados a la siembra de maíz (solo o asociado con sorgo), mostró que ninguno de ellos había adoptado el conjunto de recomendaciones para el cultivo hechas por el Servicio de Extensión, y que el índice de adopción de prácticas aisladas era entre medio y bajo. No hay estudios similares para otros estratos de productores, pero los índices presentados en el Cuadro 26 (Avila, 1983) también reflejan un nivel tecnológico bajo para las fincas que producen leche en forma comercial.

Cuadro 26. Índices zootécnicos en el área de Jocoro (7 fincas)

	Promedio	Mínimo	Máximo
Natalidad	72.4	53.0	80.8
Mortalidad/año	6.4	0.0	11.8
Lactancia, días	285.0	245.0	341.0
Carga, u.a/ha	1.5	0.7	2.2
Leche/vaca/ord/día, lt.	3.8	2.0	6.1
Leche/ha/año, lt.	634.0	212.0	947.0

FUENTE: Avila (1983).

## COMERCIALIZACION

Los principales mercados para los productos del área son las poblaciones de San Miguel y Santa Rosa de Lima; también hay un cierto flujo de productos hacia la zona Central, pero parece ser poco relevante. El centro de abastecimiento de insumos para la producción agropecuaria es la ciudad de San Miguel.

La comercialización de los productos de la zona se hace a través de dos vías principales: la venta en la finca a transportistas y vendedores ambulantes (62% de los casos) y el traslado de los productos a los mercados de San Miguel y Santa Rosa de Lima (32%), como ha sido reportado por CATIE (1984).

Según el estudio de la OEA (1974), los sistemas de comercialización de granos básicos y de leche se caracterizan por la existencia de un alto número de intermediarios que no agregan valor alguno a la producción. Esta característica reduce considerablemente los precios que el productor recibe por sus productos; así, por ejemplo, el productor de maíz recibe el 77% del precio de mercado de su producto, el de arroz, el 50% y el de frijol, el 71%.

## INSTITUCIONES

No hay información específica sobre las instituciones que operan en el área de estudio; Jocoro cuenta con los principales servicios, entre ellos:

- Puesto de salud.
- Jardín de infantes
- Escuelas de educación básica

- Instituto de segunda enseñanza
- Oficina postal
- Juzgado de Paz
- Puesto de la Guardia Nacional
- Policía Municipal

## **CARACTERIZACION DEL MODELO UTILIZADO**

### **DESCRIPCION GENERAL**

Como se indicó en los capítulos anteriores, este trabajo se desarrolló con base en un modelo de simulación que opera a dos niveles de complejidad distintos pero relacionados entre sí: el nivel de región y el de finca.

Se decidió que la región, que es el nivel más amplio, abarcaría las cuencas de los ríos Las Garzas y San Juan Norte, y se dividiría en subregiones, según el tipo de suelo y la pendiente del terreno. A cada subregión, de acuerdo con su superficie y con el patrón general de tenencia de la tierra, se le asignó un número de fincas, agrupadas en tres estratos de tamaño: menos de 5 ha, entre 5 y 15 ha y mayores de 15 ha.

Dado que el área en estudio es poco extensa, se estableció un solo régimen de precipitaciones para las distintas subregiones, basado en el trabajo de Hancock (1978). También se definieron condiciones iniciales semejantes de fertilidad de suelos y cobertura vegetal. En la Figura 9 se presenta un esquema del nivel regional y de las características que fueron incluidas en el modelo.

Para considerar el nivel de finca, se definieron "fincas tipo" para cada una de las subregiones y de los estratos de tamaño; esta tarea se complementó con la caracterización del tipo de cultivos, el nivel tecnológico, la principal finalidad productiva y otros aspectos de cada una de las fincas tipo. En este nivel, el funcionamiento del modelo se estructuró con base en uno más general, que permite simular las características y el funcionamiento de los distintos tipos de finca con un mismo modelo, modificando solamente las condiciones iniciales y el tipo de actividad y de manejo para cada caso específico.

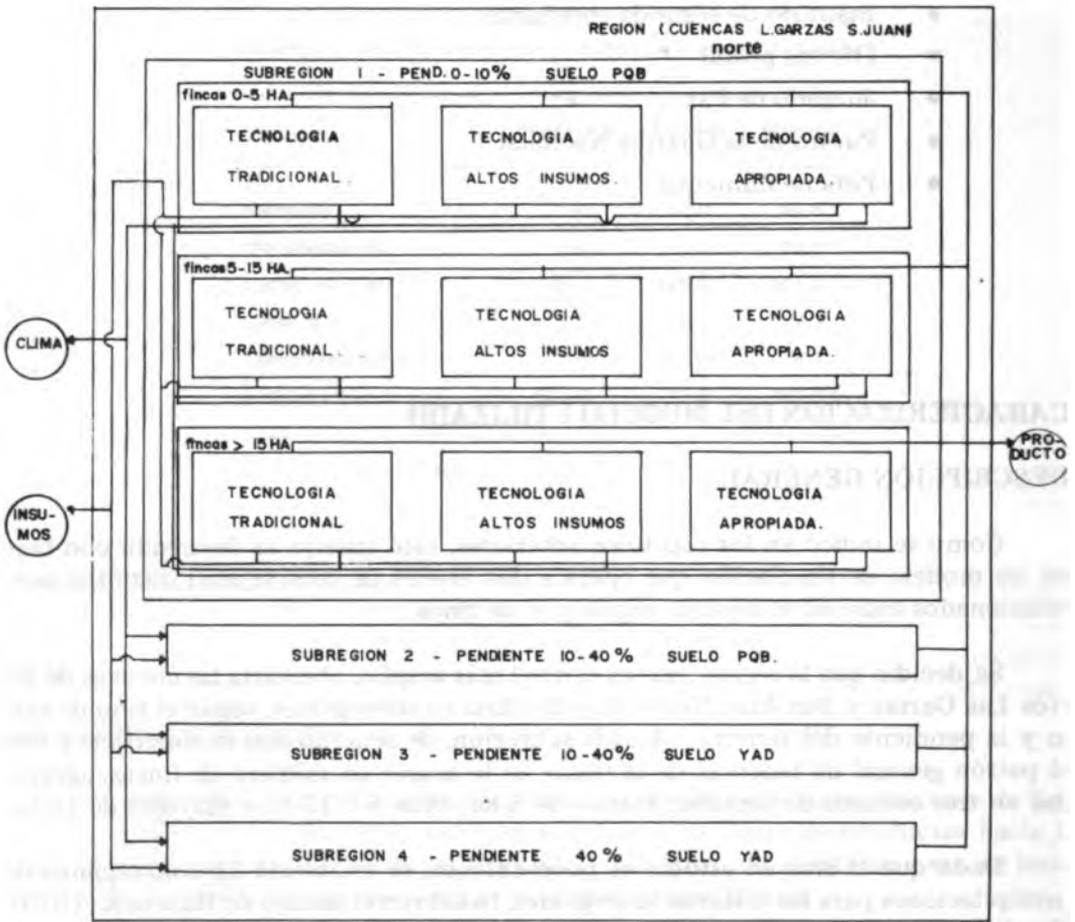


Figura 9: Esquema del nivel regional y de las características representadas en el modelo.

El modelo general esquematizado en la Figura 10 considera la finca como un sistema complejo, en el que interactúan componentes físicos (clima, suelo, etc.), biológicos (cultivos, ganado) y socioeconómicos (mano de obra, capital, etc.). El sistema de finca genera una determinada cantidad de productos y requiere de cierto número de insumos, lo que provoca flujos de entrada y de salida tanto de bienes físicos como de dinero.

Simultáneamente, y en función de los cultivos practicados, de la intensidad del pastoreo, de las precipitaciones y de las condiciones de cobertura vegetal y de pendiente, los suelos se erosionan con intensidades diferentes, de modo que la erosión resulta ser el instrumento más adecuado para evaluar la degradación ambiental de la región.

El funcionamiento del modelo en su conjunto puede resumirse en los siguientes pasos:

- se definen las distintas subregiones y sus características físicas específicas (fertilidad de suelos, pendientes, cobertura vegetal, etc.);

- b) se determina el total de fincas para cada estrato de tamaño, en cada una de las subregiones consideradas;
- c) se establecen las características de cada una de las fincas tipo (superficie, tipo y área de cultivos, manejo).
- d) se define el período de tiempo (en años) para el cual se desea efectuar el estudio;
- e) se determina la precipitación global y parcial correspondiente al año en estudio, con base en las probabilidades de precipitaciones de la región, así como la ocurrencia o no de canícula y su intensidad;
- f) se selecciona una finca tipo, en una subregión determinada, a fin de analizarla individualmente;
- g) en función de las variables de clima y suelo, se determina la producción de los cultivos y pasturas que se desarrollan en la finca seleccionada.

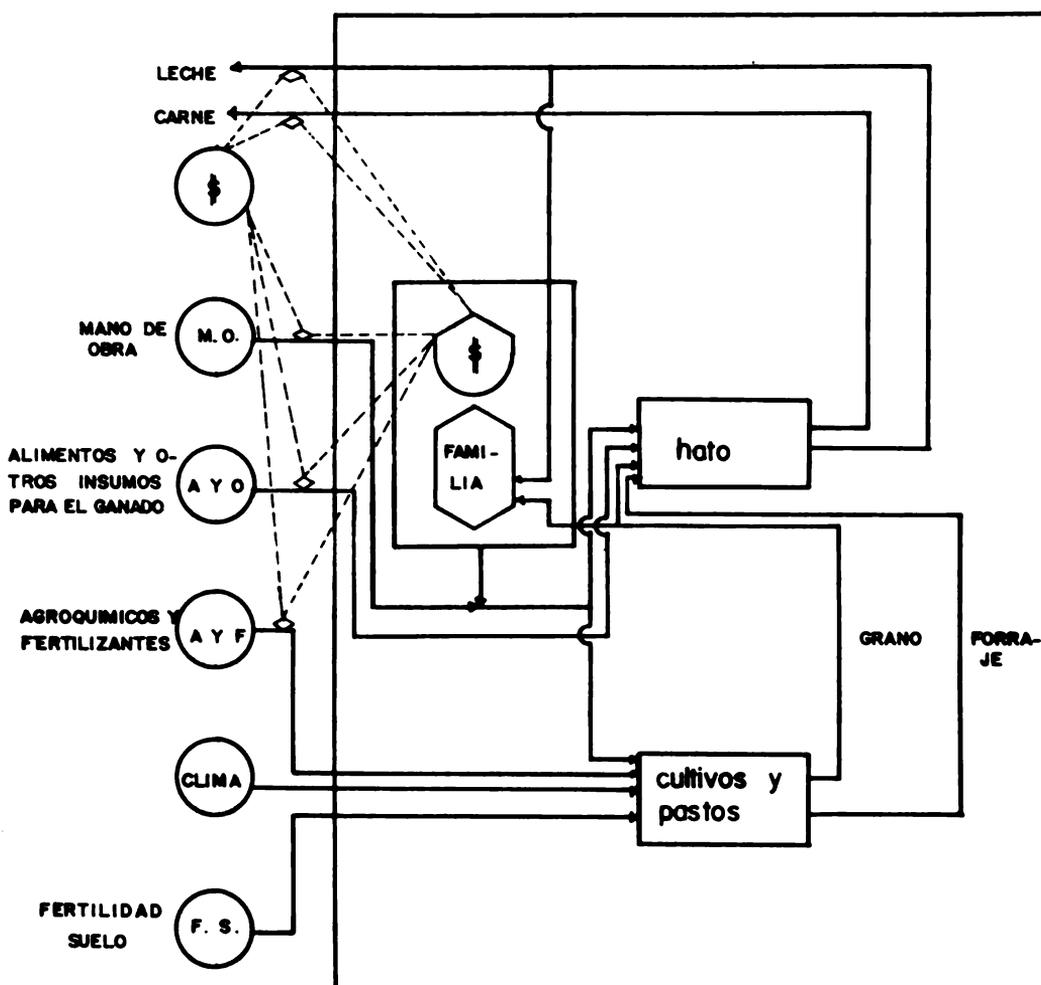


Figura 10: Esquema del nivel finca y de las características representadas en el modelo.

- h) con base en las producciones calculadas anteriormente, se determina la oferta de energía y de proteína de la finca, a fin de calcular el valor nutritivo de los productos vegetales que se emplearán en la alimentación del ganado;
- i) en función del tamaño del hato, del nivel tecnológico y del objetivo productivo, se determina la producción anual de leche y de carne;
- j) con base en el tamaño del hato y en la producción estimada del mismo, se calculan los requerimientos alimenticios del ganado, en términos de energía y proteína;
- k) a partir de estos requerimientos y de la producción de la finca, se determina si habrá necesidad de comprar alimentos para el ganado y en qué cantidades;
- l) de acuerdo con los cultivos realizados, la carga animal, el tipo de suelo, la pendiente y las precipitaciones, se determina la magnitud de la erosión ocurrida en la finca mediante la "ecuación universal de pérdida de suelos";
- m) con base en los resultados del punto anterior y en las cosechas obtenidas, se calcula la pérdida de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y la cantidad de fertilizante necesario para reponerlos. En las fincas en que no se fertiliza, se calcula la disminución en la fertilidad del suelo, que influirá en la producción de los cultivos del siguiente año;
- n) se calculan los costos anuales de producción con base en los cultivos implantados y en el tamaño del hato;
- o) con base en la producción obtenida, se determinan los ingresos;
- p) con base en los costos e ingresos anteriores, se determinan el resultado económico global de la finca, su flujo de caja y otras variables de tipo económico;
- q) una vez completos estos cálculos, se regresa al punto f), se selecciona otra finca y se analiza en la misma forma;
- r) una vez analizadas todas las fincas tipo, se calcula un total regional, con base en el número de fincas de cada grupo;
- s) cuando se han estudiado todos los tipos de finca definidos para la región, se vuelve al punto e) y se repite el trabajo, pero para un nuevo año;
- t) la secuencia descrita se repite hasta completar el período de tiempo definido en d). Si se desea, es posible considerar en todo el proceso las variaciones en los precios de los insumos y productos y su efecto sobre los resultados económicos.

El diagrama de flujo correspondiente a este proceso se esquematiza en la Figura 18.

## **EL NIVEL REGIONAL**

### **DEFINICIÓN DE LAS SUBREGIONES**

Una vez seleccionada la región en que se trabajaría, se procedió a delimitarla empleando el criterio normal de delimitación de cuencas, o sea, haciendo coincidir el

trazo con la línea divisoria de aguas de las distintas cuencas. Esta tarea se efectuó utilizando la Hoja Cartográfica de Jocoro, en escala 1:50.000, y con las curvas de nivel espaciadas cada 20 metros en sentido vertical. El Mapa 1 reproduce la fracción de la Hoja Cartográfica citada correspondiente al área en estudio; colocando sobre él el Mapa 2 se observa el trazo delimitatorio de las cuencas, que conforma la región en estudio.

El primer criterio empleado para definir las subregiones fue el de la intensidad de las pendientes; para ello se establecieron tres rangos: 0-10%, 10-40% y superior a 40%, de acuerdo con los límites máximos aceptados normalmente para cultivos anuales (10%) y para cultivos perennes (40%). Dado que este trabajo no define zonas de capacidad de uso, los límites de pendiente sólo sirven para definir áreas con una cierta homogeneidad. El Mapa 2 incluye las zonas de distinta pendiente, delimitadas según el criterio anterior.

Luego se procedió a identificar los distintos tipos de suelo de la región; para ello se utilizó la Hoja 2556 I, Jocoro, del "Levantamiento general de suelos" de El Salvador. El Mapa 3 muestra la ubicación de los diferentes tipos de suelo encontrados en la región, los que han sido descritos en el capítulo anterior. Superponiendo el Mapa 1 con los Mapas 2 y 3, se obtienen las subregiones físicas definidas según pendiente y tipo de suelo (Mapa 4).

Por último, con ayuda de un planímetro, se determinó el área de cada una de las subregiones delimitadas; los resultados de este trabajo se resumen en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Superficie de las subregiones delimitadas en el área en estudio.

REGION	SUELO	PENDIENTE (%)	SUPERFICIE (ha)	(%)
1	PQB	0 - 10	1101	31.3
2	PQB	10 - 40	122	3.5
3	YAD	10 - 40	1608	45.8
4	YAD	> 40	681	19.4
TOTAL			3512	100.0

#### DETERMINACION DEL NUMERO DE FINCAS POR SUBREGION

Para definir el número de fincas por subregión debe utilizarse la información catastral correspondiente al sitio, a fin de detectar posibles influencias de la calidad del lugar sobre el tamaño de las fincas. Ahora bien, para la región estudiada en este trabajo, no se contaba con información catastral confiable (situación relativamente común en los países centroamericanos), por lo que debió recurrirse a la información nacional referente al tema (Cuadro 12).

A partir de esta información, y teniendo en cuenta las características del estudio y los resultados obtenidos por el Proyecto "Sistemas de producción para fincas pequeñas", se decidió estratificar las fincas en tres grupos, según su tamaño: de 0 a 5 ha, de 5 a 15 ha y mayores de 15 ha.

La distribución de las fincas en cada una de las subregiones (Cuadro 28) se determinó proporcionalmente, con base en el área de estas últimas y en la distribución nacional (promedio) de las fincas según tamaño. Se obtuvieron 12 grupos diferentes (según tamaño y subregión), los que pueden ser caracterizados a partir de la escogencia de una "finca tipo", representativa del funcionamiento de todas las de su grupo.

Cuadro 28. Distribución de fincas por regiones

REGION	ESTRATO	AREA MEDIA FINCA (ha)	CANTIDAD FINCAS	AREA TOTAL DEL ESTRATO (ha)
1	0 - 5	2.5	87	217
	5 - 15	10.0	13	130
	> 15	65.0	11	752
Subtotal			111	1101
2	0 - 5	2.5	14	34
	5 - 15	10.0	2	20
	> 15	65.0	1	68
Subtotal			17	122
3	0 - 5	2.5	128	320
	5 - 15	10.0	19	190
	> 15	65.0	17	1098
Subtotal			164	1608
4	0 - 5	2.5	53	133
	5 - 15	10.0	8	80
	> 15	65.0	7	468
Subtotal			68	681
TOTAL			360	3512

En este trabajo, la caracterización de las fincas medianas se hizo con base en la información obtenida en cuatro fincas del área durante los años 1983 y 1984, complementada con datos provenientes de otras tres fincas del lugar. Las fincas pequeñas se caracterizaron con base en el trabajo de Sandoval (1984), y las grandes, a partir de la información general de la zona relevada por CATIE (1984).

#### DEFINICION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS FINCAS TIPO

Como ya se señaló, la finalidad productiva de las fincas está en función de su tamaño. Las fincas de menos de 5 ha están orientadas fundamentalmente hacia el

autoconsumo y desarrollan sistemas de producción mixtos que proveen de alimentos al productor y su familia. El excedente que puede ser comercializado representa un porcentaje bajo de la producción total y puede ser nulo en años desfavorables. Las actividades productivas incluyen cultivos de subsistencia y ganado de doble propósito. La mano de obra es exclusivamente familiar, y el excedente de la misma se emplea en las fincas más grandes.

Las fincas medianas (5-15 ha) están orientadas hacia la producción comercial de leche. A veces, venden también los terneros machos que el finquero no tiene interés en engordar debido al déficit de alimento que se produce durante la estación seca. En estas fincas, las actividades también incluyen cultivos y ganado de doble propósito; se utiliza mano de obra contratada para la ejecución de algunas tareas.

Las fincas grandes también están orientadas hacia el mercado, pero su producción es de tipo extensivo y el primer producto de venta es el ganado en pie. Las actividades incluyen cultivos, una mayor proporción de pastos, y ganado de doble propósito empleado para la producción de carne. Debido a su tamaño, estas fincas también contratan mano de obra, pero en menor proporción que las medianas.

El tipo de cultivos desarrollados, el tamaño del hato y las características del manejo dependen más del nivel tecnológico de la finca que de su tamaño. Con el objetivo de incluir este aspecto en el modelo, se establecieron tres niveles tecnológicos, representativos de la región:

- 1) Tecnología tradicional, caracterizada por un esquema de cultivos que asegura la supervivencia de la finca aún en las condiciones más adversas. El manejo global está poco tecnificado y el nivel de insumos es reducido. Debido a estas características, la producción física de la finca es pobre y sus ingresos bajos, aunque estables.
- 2) Tecnología de altos insumos, caracterizada por un alto grado de tecnificación y el empleo de insumos no producidos en la finca (fertilizante, concentrados para los animales, agroquímicos, otros). La idea básica es alcanzar una producción elevada que genere ingresos suficientes para pagar los insumos y produzca un excedente neto mayor.
- 3) Tecnología apropiada, que es la que pretende maximizar la producción física de la finca mediante el empleo de insumos producidos en la misma y de mejoras en el manejo de los cultivos y del hato. La idea es aumentar la producción sin aumentar los gastos en insumos de fuera de la finca, a fin de incrementar el ingreso neto.

La influencia del nivel tecnológico sobre el tipo de cultivos a implantar y sobre las dimensiones y manejo del hato varían según el tamaño de la finca considerada y su nivel tecnológico. Con base en la información proporcionada por las acciones del proyecto "Sistemas de producción para fincas pequeñas" en Jocoro, se establecieron las cédulas de cultivo, características del hato e índices de manejo para las fincas pequeñas, medianas y grandes (Cuadros 29, 30 y 31).

## DEFINICION DEL ALCANCE DEL ESTUDIO

En este caso se decidió que el período de análisis abarcaría diez años, por considerar que este lapso sería suficiente para que se expresaran las tendencias a largo plazo en lo que hace a la degradación del suelo y a la influencia de las variaciones climáticas, siendo a la vez lo suficientemente corto como para que las tendencias de los precios de insumos y productos conservaran cierta validez. El alcance del estudio puede variarse fácilmente modificando el programa de computador del modelo.

Cuadro 29. Características de cultivos y hatos para tres tipos de tecnología en fincas pequeñas. Jocoro, El Salvador.

Cultivos (ha)	Tipo de tecnología		
	Tradicional	Altos insumos	Apropiada
Maíz - Sorgo	0.70	0.30	0.30
Maíz - Sorgo de verano	---	0.40	0.40
Maíz - Gandul	---	0.30	0.30
Gandul	---	---	---
Sorgo forrajero	---	0.20	0.20
Maíz de postrera	0.70	0.30	0.30
Huatera	0.30	---	---
Pastos	1.10	1.00	1.00
<b>Hato (cabezas)</b>			
Vacas	2.00	3.00	2.00
Menores de 1 año	---	---	---
Uno a dos años	---	---	---
Dos a tres años	---	---	---
Toro	---	---	---
<b>Indíces de manejo del hato</b>			
Mortalidad menores 1 año	0.30	0.10	0.10
Mortalidad uno a dos años	0.10	0.10	0.10
Mortalidad dos a tres años	0.10	0.10	0.10
Porcentaje parición	0.80	0.80	0.80
Duración lactancia (días)	300.00	270.00	270.00
Producción diaria (litros)	3.00	10.00	6.00

## DETERMINACION DE LA PRECIPITACION ANUAL

Las probabilidades de precipitación para la zona (Cuadro 14) se tomaron del trabajo de Hancock (1978); con base en esa información, se obtuvo la función matemática que describe el comportamiento de las lluvias y que resultó ser una función de tipo exponencial, cuya ecuación es la siguiente:

$$y = e \exp (7.732 - (0.004989 * x) - (0.00647 * \ln x))$$

donde:

- y: precipitación anual  
 x: probabilidad (%)  
 e: número base de los logaritmos naturales

Para obtener los parámetros de la ecuación se siguió la metodología propuesta por Quiroga (1977). En la Figura 11 se muestran los valores definidos por Hancock y los obtenidos aplicando la función anterior. Según esta ecuación, alcanza con definir un valor de probabilidad para obtener la precipitación anual de la zona. En el modelo que se describe, esa probabilidad se determina generando números al azar entre 0 y 100.

Cuadro 30. Características de cultivos y hatos para tres tipos de tecnología en fincas medianas Jocoro, El Salvador.

Cultivos (ha)	Tipo de tecnología		
	Tradicional	Altos insumos	Apropiada
Maíz - Sorgo	1.50	0.30	0.30
Maíz - Sorgo de verano	---	0.60	0.60
Maíz - Gandul	---	0.50	0.50
Gandul	---	0.30	0.30
Sorgo forrajero	---	0.50	0.50
Maíz de postrera	1.10	0.50	0.50
Huatera	0.50	---	---
Pastos	6.90	7.30	7.30
<b>Hato (cabezas)</b>			
Vacas	6.00	18.00	10.00
Menores de 1 año	1.00	6.00	4.00
Uno a dos años	1.00	6.00	4.00
Dos a tres años	1.00	6.00	4.00
Toro	1.00	1.00	1.00
<b>Indicadores de manejo del hato</b>			
Mortalidad menores 1 año	0.40	0.10	0.10
Mortalidad uno a dos años	0.30	0.10	0.10
Mortalidad dos a tres años	0.10	0.10	0.10
Porcentaje perición	0.40	0.80	0.80
Duración lactancia (días)	300.00	270.00	270.00
Producción diaria (litros)	3.00	10.00	6.00

Con base en el valor de la precipitación total obtenido y en la distribución anual de las lluvias para la región, es posible determinar las precipitaciones correspondientes a los diferentes ciclos de cultivo. Así, el ciclo de cultivo de primavera (abril-julio) recibe el 40% de las precipitaciones anuales, mientras que el de otoño (agosto-noviembre) recibe el 60% restante. Las siembras de huatera (verdeos para corte y henificación) que se desarrollan entre octubre y noviembre reciben un 20% de la precipitación anual.

Para las pasturas, que constituyen un caso especial porque están establecidas en forma permanente y se encuentran sometidas a pastoreo continuo, se prefirió considerar el número de semanas con lluvia suficiente como para que ellas prosperen, por entender que en esa forma se representa mejor la situación de crecimiento del pasto. Se elaboró entonces una función que hace variar entre 22 y 34 el número de semanas en que el pasto cuenta con agua suficiente; esta función tiene como variable independiente la probabilidad de lluvia ya definida para las precipitaciones totales.

En lo que hace a la incidencia de las canículas, se decidió considerarlas como un factor que afecta los rendimientos de los cultivos de primavera. Con base en los trabajos de Guzmán (1979), se determinaron tres valores para dicho factor: 1, 0.7 y 0.3. El primero corresponde a los años en que no se registra canícula, el segundo, a los años de canícula moderada y el tercero, a los años de canícula intensa. Dado que la canícula se produce con una frecuencia pre-establecida, el factor de la canícula que afecta los cultivos se escoge empleando el mismo factor de probabilidad que para las lluvias totales.

## EL NIVEL DE FINCA

Una vez establecidas las características globales de las subregiones, corresponde analizar el modelo general de finca que se utilizará para describir el funcionamiento de todas las fincas tipo.

El nivel de finca interactúa con el anterior, pues emplea información definida a nivel regional y permite que, con base en sus resultados, se modifiquen algunas de las variables regionales, modificando así las condiciones para el siguiente año. Este nivel se ha estructurado alrededor de los puntos que se describen a continuación.

## PRODUCCION DE LOS CULTIVOS Y DE LAS PASTURAS

Este es uno de los aspectos críticos del modelo, pues constituye uno de sus pilares. El primer paso para determinar la producción de la finca consiste en calcular las funciones de rendimiento por hectárea, en función de las precipitaciones; para construirlas se empleó la información de campo suministrada por el Proyecto CATIE-ROCAP para las fincas de Jocoro (años 1983 y 1984).

Obviamente, la información de las fincas no es homogénea y sólo se tienen los datos correspondientes a cuatro de ellas, por lo que los intervalos de confianza de los valores determinados resultan elevados. De todas formas, dado que dichas funciones

se emplean para generar la información de todas las fincas estudiadas y que el trabajo es de tipo comparativo, pueden aceptarse como válidas, ya que todos los datos estarán afectados sistemáticamente por el mismo error.

En términos generales se acepta que las funciones de producción son de tipo sigmoide, pero a los fines de este trabajo, se consideró que los niveles productivos posibles para el área en estudio se encontraban en la región recta de la curva (Figura 12). Esta consideración se basa en el hecho de que es poco probable que, bajo las condiciones productivas reales de la región, se alcance la zona de rendimientos no proporcionales. En el Cuadro 32 se presenta la información de finca empleada para la construcción de las distintas funciones.

Para determinar las funciones de producción bajo condiciones de manejo técnico elevado (fertilización, agroquímicos, semillas adecuadas, etc.), se siguió el mismo procedimiento; la Figura 13 muestra algunas de las funciones obtenidas y los datos que las generaron.

Un último elemento a tener en cuenta es el efecto de la disminución de la fertilidad en las fincas que no emplean fertilizantes. Para representar este efecto se utilizó la información reseñada por Fox (1974) para cultivos de maíz en suelos tropicales de Hawaii. Su trabajo incluye una curva que relaciona la cantidad de fósforo en la solución del suelo con el rendimiento porcentual del cultivo. La función matemática correspondiente a la gráfica presentada resultó ser de tipo exponencial:

$$y = 100 - (1 - e^{\exp. (-0.114 * x)})$$

dónde:

y: rendimiento en porcentaje

x: fósforo en la solución del suelo (ppm)

La Figura 14 muestra la curva original presentada por Fox y los datos obtenidos mediante la aplicación de la función descrita.

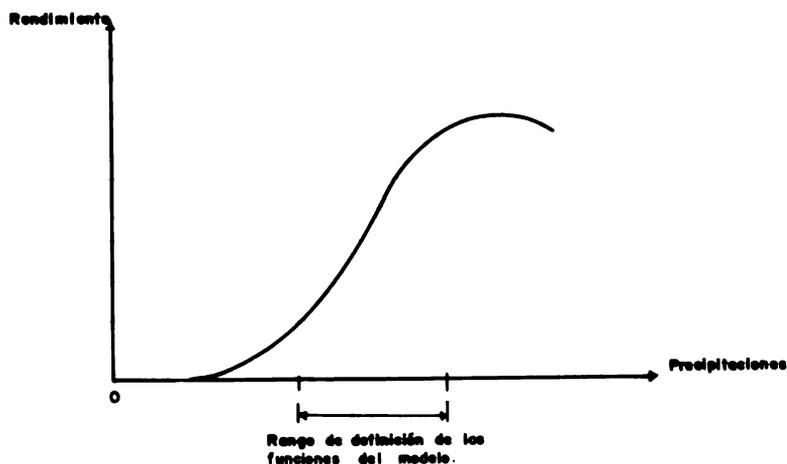


Figura 12: Función de producción típica y rango de ubicación de las variables del modelo.

Cuadro 32. Datos y funciones de producción de los cultivos.

Cultivo	Producto considerado	Finca	Uso de insumos comprados	1983		1984		Función
				Lluvia	Rendim.	Lluvia	Rendim.	
Maíz-sorgo	maíz-grano	T20	No	314	1085	721	--	$A = 360 + (1.4 * LL1)$
		T17	No	314	--	721	1365	
	maíz-grano	M14	85	314	520	721	5100	$Y = A + (NI * 5.96 * (LL1 - 300))$
		M13	85	314	--	721	2480	
	sorgo-grano	T17	No	314	--	721	1540	$Y = 1168 + (0.4 * LL1)$
	sorgo-grano	M14	Sí	314	1725	721	1755	
	M13	Sí	314	--	721	1443		
sorgo-forraje	T20	No	314	4085	721	4800	$B = (-4429 + (11.2 * LL1))$	
	T17	No	314	--	721	13 000		
sorgo-forraje	M13	Sí	314	--	721	6643	$Y = B + (NI * 1.08 * B)$	
	M14	Sí	314	--	721	7540		
Maíz-sorgo verano	maíz-grano	M14	Sí	924	1680	825	--	$C = 20 + (1.07 * LL2)$
		M13	Sí	924	--	825	--	
		M13	Sí	924	780	825	--	
	sorgo-grano	M14	Sí	924	--	825	--	$Y = C + NI * 0.031 * (LL2 - 862) * C$
		M13	Sí	924	1560	825	--	
		M13	Sí	924	1820	825	--	
Maíz-gandul	maíz-grano	M14	Sí	314	1740	721	1500	$D = 836 + (0.8 * LL1)$
		M13	Sí	314	910	721	7930	
	gandul-grano	M14	Sí	314	105	721	--	$E = 243 + (0.2 * LL1)$
		M13	Sí	314	596	721	845	
	gandul-forr.	M13	Sí	314	36 000	721	--	$F = 22720 + (16 * LL1)$
								$Y = F + (NI * 0.14 * F)$
Gandul	Gand. -Forraj.	M14	Sí	314	16 200	721	73 500	$Y = -69176 + (147.2 * LL1)$
		M13	Sí	314	--	721	32 000	
Sorgo forrajero	sorg-borraj.	T20	No	--	3500	721	--	$G = 9260 + (22 * LL1)$
		T17	No	114	--	--	3000	
	Sorg-Forraj.	M13	Sí	314	--	721	76 600	$Y = G + (NI * 0.0217 * (LL1 - 300) * G)$
		M14	Sí	314	--	721	130 000	
sorgo-grano	T17	No	314	--	721	955	$H = 1000 + (0.1 * LL1)$	
sorgo-grano	M13	Sí	--	--	--	3956	$Y = (H + (NI * 0.0008 * (LL1 - 130) * H)) * 2$	
	M14	Sí	314	1200	721	1950		
Maíz de postrera	maíz-grano	T20	No	924	1540	825	2340	$I = -950 + (2.5 * LL2)$
		T17	No	924	--	825	1840	
	maíz-grano	M13	Sí	924	1300	825	1760	$Y = I + (NI * 0.18 * I)$
		M14	Sí	924	--	825	1640	

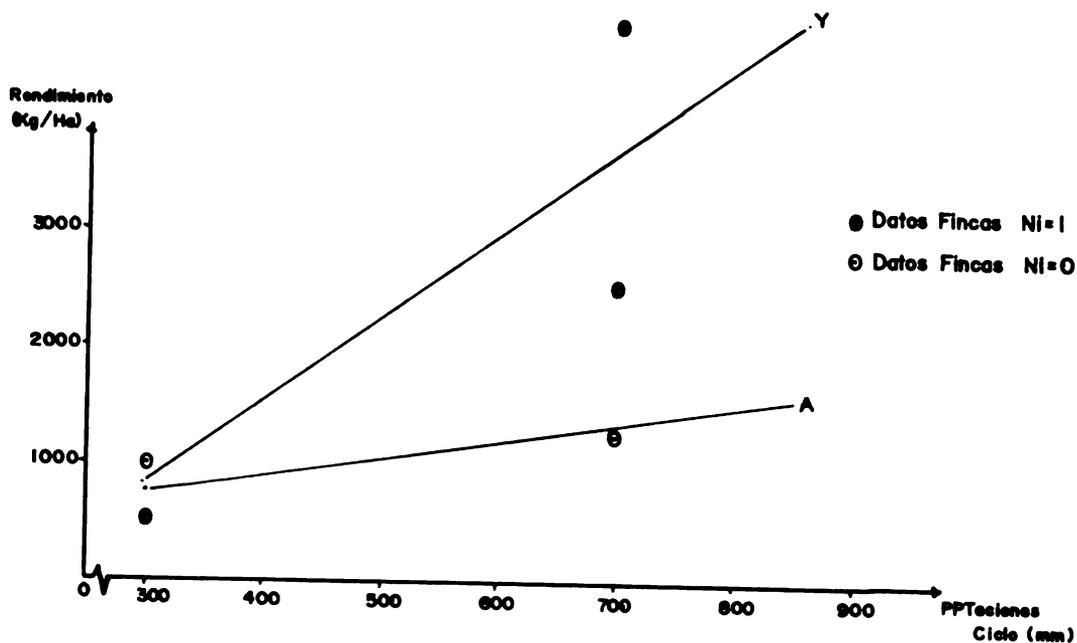
LL1: lluvias de otoño (mm)

LL2: lluvias de primavera (mm)

NI: nivel de insumos comprados (0: no emplea; 1: emplea)

A,B,C,D,E,F,G,H,I: rendimiento base del cultivo (kg/ha)

Y: rendimiento corregido por uso de insumos comprados (kg/ha)



A: Rendimientos maíz sin empleo de agroquímicos ni fertilizantes  
 Y: Rendimientos maíz con empleo de agroquímicos y fertilizantes

Figura 13: Función de producción de maíz (grano) en asociación de maíz-sorgo.

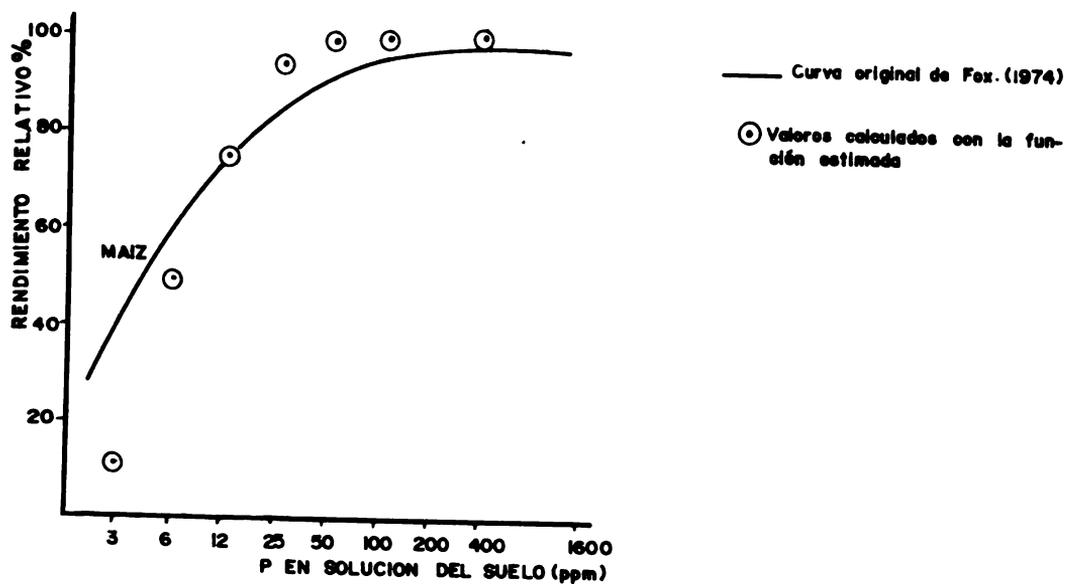


Figura 14: Ajuste de la función estimada a la curva original de Fox (1974).

En cada caso, la cantidad de fósforo en la solución del suelo se determina con base en el nivel de fertilidad de la finca tipo, el que se actualiza después de cada ciclo de cultivo.

Las producciones de grano y/o de forraje de gandul, de sorgo forrajero, de maíz de postrera y de huatera se calculan separadamente mediante el procedimiento descrito. En el caso de las asociaciones (maíz + sorgo, maíz + gandul), las producciones de cada cultivo (tanto de grano como de forraje, si corresponde) se determinan por separado; para las pasturas, se calcula únicamente la producción de forraje. Como en este caso cabe esperar un importante retorno de nutrientes por la vía de las deyecciones de los animales, no se emplea el ajuste por fertilidad en la determinación de la producción, pero sí se tiene en cuenta el efecto de la pérdida de cobertura por sobrepastoreo, aspecto que también se considera en el análisis de la erosión de los suelos.

### DETERMINACION DE LA OFERTA DE ALIMENTO PARA EL GANADO DE LA FINCA

Con los datos de producción de los distintos granos y forrajes de la finca y la información sobre el contenido de proteína y el valor energético de cada uno de ellos, se procede a calcular por separado la producción de energía y de proteína de la finca; en estas determinaciones, se tiene en cuenta la digestibilidad de cada uno de los alimentos considerados. En el Cuadro 33 se presentan los índices de contenido de proteína, valor energético y digestibilidad registrados por McDowell (1974).

Cuadro 33. Contenido de proteína y energía de alimentos para el ganado

PRODUCTO	PROTEINA BRUTA (%)	ENERGIA DIG. Mcal/kg
<b>Producidos en la finca</b>		
maíz (grano)	9.9	3.24
sorgo (grano)	9.4	2.98
sorgo (forraje)	1.5	0.42
sorgo (huatera)	3.8	1.99
gandul (grano)	20.3	3.40
gandul (forraje)	4.8	0.66
pasto jaraguá (forr.)	1.9	0.70
<b>Comprados fuera de la finca</b>		
harina de algodón	45.4	2.82
melaza	4.2	3.27

FUENTE McDowell (1974).

## DINAMICA DEL HATO

En un estudio de este tipo, es necesario considerar la evolución del hato en el tiempo, a fin de estimar la carga animal, los requerimientos de mantenimiento y crecimiento de los animales y el efecto del manejo, que se traduce en distintos índices biométricos. Asimismo, es necesario diferenciar entre el manejo del hato de doble propósito orientado a la producción lechera, en el que sólo se conservan las hembras para destinarlas a reposición, y el manejo del mismo tipo de hato pero orientado hacia la producción de carne, en el que todos los animales son llevados al peso de destace (faena).

El elemento básico en la dinámica del hato es el número de vacas adultas del mismo; esta cifra, así como los otros índices empleados, fue obtenida del relevamiento de campo efectuado en Jocoř por el Proyecto "Sistemas de producción para fincas pequeñas".

Con base en la cantidad de vacas del hato y en el porcentaje (promedio) de pariciones es posible calcular el total de nacimientos que se producen anualmente. Si se multiplica este número, que es equivalente al de animales menores de un año, por el índice de mortalidad respectivo, se tiene el total de animales de entre uno y dos años; esta cifra, multiplicada por el índice de mortalidad específico, permite calcular la cantidad de animales de entre dos y tres años. De acuerdo con la información de campo, un animal de tres años se considera adulto, es decir, en condiciones de ser vendido para destace o bien de recibir servicio y comenzar su vida útil como animal reproductor (Figura 15).

Para establecer la diferencia en cuanto a dinámica entre los hatos orientados hacia la producción de leche y de carne, se parte de la consideración de que el 50% de los nacimientos corresponde a cada uno de los sexos, y de que en el hato lechero no se conservan los machos; para este tipo de manejo, el número de animales menores de un año se reduce a la mitad, y el resto del proceso continúa en la misma forma.

Para definir el crecimiento anual de los animales se establecieron los siguientes pesos vivos para las distintas categorías:

a) vacas: 400 kg	a) vacas: 400 kg
b) un año: 100 kg	b) terneros de un año : 100 kg
c) dos años: 200 kg	c) " " dos " : 200 "
d) tres años: 350 kg	c) " " " " : 350 "
e) toro: 500 kg	e) toro 500 "

La unidad ganadera equivale a un animal de 380 kg de peso; para determinar el total de unidades ganaderas de la finca se establecen las proporciones correspondientes con base en los pesos detallados.

La carga animal se obtiene dividiendo el total de unidades ganaderas de la finca por el área de pastos.

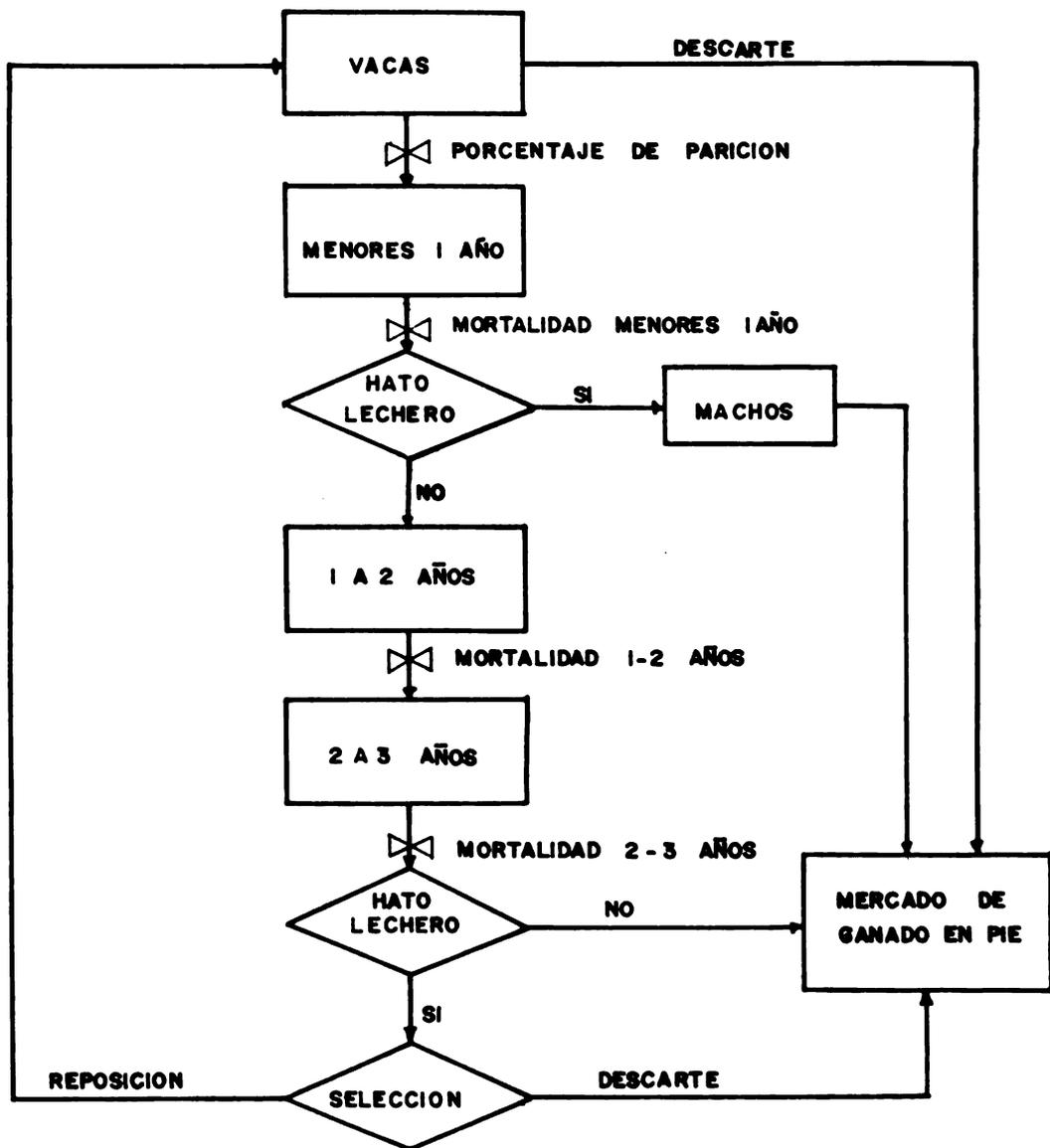


Figura 15: Diagrama de la dinámica del hato.

## PRODUCCION PECUARIA COMERCIALIZABLE

Con base en la dinámica del hato descrita en el punto anterior, es posible determinar la producción de carne y/o leche del mismo.

Al considerar este punto, es necesario precisar que uno de los supuestos básicos del modelo estima que la producción del hato es constante y fija, y que el déficit de alimento que pudiera producirse por problemas climáticos se suple mediante la compra de alimento fuera de la finca. Si bien esta suposición introduce una cierta rigidez en el análisis, ha sido considerada por dos razones básicas: a) simplifica significativamente la estructura del modelo, y b) hace que las variables económicas reflejen todo el impacto de los problemas generados por la producción agrícola y su equilibrio o desequilibrio con la producción pecuaria, lo que facilita el análisis de los resultados.

La producción de leche de la finca se calcula con base en el número de nacimientos, la duración promedio de la lactancia y la producción diaria promedio.

La producción de carne en las fincas lecheras se calcula sumando el peso total de los terneros machos vendidos (considerando un peso vivo de 70 kg para cada uno de ellos) y el peso de las vacas reemplazadas a partir de la recría de las terneras.

En el caso del hato de carne, la producción comercializable de leche se considera nula. La producción de carne se determina multiplicando el número de animales de tres años de edad por su peso vivo.

Las producciones de leche y de carne calculadas se emplean posteriormente para determinar el valor de las variables económicas de la finca.

La producción correspondiente al crecimiento anual de los animales menores de tres años no se considera en este punto, pues se supone que la misma no es comercializable. Esta suposición, junto con la dinámica del hato establecida, hace que no se registren variaciones en el valor del inventario ganadero al término de los períodos anuales de análisis.

## REQUERIMIENTOS ALIMENTICIOS DEL HATO

Los requerimientos alimenticios del hato pueden dividirse en requerimientos de mantenimiento, de crecimiento, de gestación y de producción, y también se determinan en términos de proteína y energía metabolizable para mantener un criterio homogéneo con el de la oferta de alimento.

Los requerimientos de mantenimiento se calculan con base en el peso vivo promedio de cada grupo de animales y en los valores específicos de necesidad de proteína y energía tomados del trabajo de Church (1977).

Los requerimientos de crecimiento se determinan de acuerdo con el incremento anual de peso de cada una de las categorías definidas, el número de animales y los valores específicos de requerimientos de energía y proteína indicados por Church.

Los requerimientos de gestación se determinan con base en el total de nacimientos ocurridos en el año y en los requerimientos de proteína y energía para la gestación tomados de la obra citada.

Por último, los requerimientos de producción se calculan a partir de las producciones de leche y carne y de los requerimientos de energía y proteína necesarios para producir un litro de leche y un kilogramo de carne, tomados también del trabajo de Church.

Es necesario destacar que los datos tomados de Church (1977) corresponden a animales de razas especializadas en la producción de leche o de carne, situación que no corresponde a la del bovino de doble propósito de baja capacidad productiva propio del área en estudio. Sin embargo, han debido adoptarse estos valores por falta de información específica sobre el ganado de la región. El Cuadro 34 reproduce los requerimientos de energía y proteína correspondientes a cada categoría.

Cuadro 34. Requerimientos de proteína y energía de bovinos

ANIMAL/UNIDAD	PROTEINA TOTAL (kg/ *)	ENERGIA DIG. (Gcal/*)
<b>Mantenimiento (* = año)</b>		
vaca adulta	171	4.38
menor de 1 año	56	1.24
entre 1 y 2 años	88	2.05
entre 2 y 3 años	146	3.43
toro	205	5.26
<b>Gestación (* = gestación)</b>		
por gestación	27	1.03
<b>Crecimiento y producción (* = kg o l, según corresponda)</b>		
carne: por kilo	0.65	0.0244
leche: por litro	0.07	0.00123

NOTA: El asterisco indica las distintas unidades en que se expresan los niveles de proteína y de energía en cada caso.  
FUENTE: Church (1977).

## BALANCE ENTRE OFERTA Y REQUERIMIENTOS DE ALIMENTOS

Una vez conocidos los requerimientos de proteína y de energía del hato y la oferta de estos componentes a partir de la producción de cultivos y pastos, es posible establecer si la producción de la finca satisface o no dichos requerimientos.

El análisis se realiza por separado para proteína y para energía; si resulta que la producción no alcanza a satisfacer las necesidades del hato, es necesario calcular la

cantidad de alimento que debe comprarse para cubrir los requerimientos insatisfechos.

La información obtenida por el proyecto "Sistemas de producción para fincas pequeñas" permitió establecer que los principales alimentos para ganado comprados por los productores son la harina de algodón y la melaza. Este hecho, unido a que ambos son particularmente ricos en los componentes considerados, hace que se trabaje exclusivamente con ellos, dejando de lado otros alimentos empleados en menor proporción, como los concentrados comerciales, la cáscara de algodón, etc.

Como la proteína es el componente limitante en la mayor parte de los casos, en primer término se procedió a determinar la cantidad de harina de algodón necesaria para cubrir el déficit de proteína calculado, teniendo en cuenta el contenido proteico de la harina y su digestibilidad. Pero el contenido energético de la harina de algodón también es importante, de modo que se procede a calcularlo, a fin de descontar este valor del déficit existente. Con la deficiencia de energía ya corregida y el valor energético de la melaza y su digestibilidad conocidos, se calculan las necesidades de compra de melaza de la finca.

Las cantidades de harina de algodón y melaza necesarias para terminar de cubrir los requerimientos del hato se emplearán posteriormente en la determinación de los valores de las variables económicas de la finca.

## CUANTIFICACION DE LA EROSION DE LOS SUELOS

Los procesos de erosión en las fincas se evalúan mediante la denominada "Ecuación universal de pérdida de suelos", desarrollada por Witschmeier y Smith en 1965 y actualizada en 1978.

Esta ecuación aún no ha sido debidamente calibrada para las distintas condiciones de América Central, pero dado que no existe otro procedimiento que pueda reemplazarla, y que ella permite un análisis adecuado de los distintos factores que inciden en el problema de la erosión de los suelos, ha sido adoptada para los fines de este estudio.

La expresión matemática de la ecuación es la siguiente:

$$A = R * K * LS * C * P$$

dónde:

- A: pérdida de suelos en ton/ha.año
- R: índice de erosividad de la lluvia
- K: índice de erodabilidad del suelo
- LS: índice combinado de longitud e intensidad de la pendiente
- C: factor de cobertura del suelo
- P: factor de prácticas de conservación de suelo.

En su versión original, las unidades de todas las variables citadas pertenecen al sistema de medidas inglés; la conversión de los factores al sistema métrico decimal se

ha hecho de acuerdo con las instrucciones incluidas en el trabajo de Wischmeier (1978).

El Índice de erosividad de la lluvia (R) expresa la influencia de la cantidad e intensidad de las precipitaciones sobre la erosión. Como se carece de información sobre la intensidad de las lluvias en Jocoro o en las estaciones cercanas, se ha seguido la aproximación sugerida por los autores de la ecuación, que consiste en obtener el valor de R multiplicando la precipitación total del año (en centímetros) por el factor empírico 2,6. Esta fórmula ofrece la ventaja de ligar la intensidad de la erosión a la cantidad de lluvia caída, lo que parece razonable en las condiciones de la región.

El Índice de erodabilidad del suelo (K) evalúa la susceptibilidad intrínseca del suelo a la erosión, en función de sus características físicas. Los valores de K para los suelos de la región se obtuvieron mediante el nomograma ad-hoc incluido en el trabajo de Wischmeier, y la información sobre los suelos del área reseñada en el "Levantamiento general de suelos de El Salvador" (1960) y en la caracterización efectuada por el CATIE (1984). El valor obtenido con el nomograma se multiplicó por el factor 1,292 de acuerdo con lo indicado por los autores, a fin de convertirlo al sistema métrico decimal.

El Índice de longitud e intensidad de la pendiente (LS) mide el efecto de la longitud de los terrenos y de su inclinación sobre la erosión. Los valores empleados en el modelo se obtuvieron mediante el empleo del nomograma (en sistema métrico) incluido en el trabajo citado de Wischmeier. Como valor de longitud de las pendientes se asumió el de 100 metros de acuerdo con el mapa topográfico de la región. Como pendiente media para cada una de las zonas, se tomó el promedio del rango establecido, o sea, 5% para la zona de 0 a 10% y 25% para la zona de 10 a 40%; para la zona con pendientes superiores al 40% se asumió una pendiente de 50% como valor medio. Con estos datos se procedió a calcular los distintos valores del Índice LS.

El Factor de cobertura del suelo (C) evalúa el efecto protector de la cubierta del suelo, cualquiera sea la forma en que se presente (vegetación, "mulch", rastrojo, etc.). A los fines del modelo, se definieron solamente dos valores de C, uno para los suelos destinados a cultivos y otro para los destinados a pasturas. Para los cultivos se seleccionó un valor de 0,04, o sea, aproximadamente un tercio del valor correspondiente al monocultivo de maíz o sorgo de la región maicera de los Estados Unidos. Este valor puede resultar bajo para la zona en estudio, pero al carecerse de mejor información se ha optado por asumirlo como adecuado, considerando fundamentalmente que los cultivos del área no son mecanizados. En cuanto al valor C para los pastos, se consideró necesario establecerlo en función de la cobertura de los mismos, tal como proponen los autores de la ecuación, y definir una función que relacione la cobertura con la carga animal. La primera función se estableció a partir de la información proporcionada por Wischmeier (1978), resultando una función cuadrática con las siguientes características:

$$y = 0,312 - 0,006353 * x + 0,00003232 * (x )$$

dónde:

y: factor C  
x: cobertura (%)

La Figura 16 muestra los valores obtenidos en el trabajo citado y los estimados por la función anterior.

La segunda función, que relaciona cobertura con carga animal, fue establecida arbitrariamente, dada la falta de información. Esta función establece que cargas inferiores a una unidad ganadera (u.g.)/ha no modifican la cobertura, y que a partir de dicho valor, lo hacen en forma lineal, a razón de una pérdida de 4% anual de cobertura por cada 2 u.g./ha de aumento de carga. Aunque los valores asumidos pueden ser cuestionados, no puede cuestionarse la necesidad de incluir una función de este tipo. La Figura 17 grafica la evolución de la cobertura vegetal en el tiempo bajo distintos regímenes de carga animal; la forma de las gráficas y los valores alcanzados permiten una aceptación empírica de la función descrita.

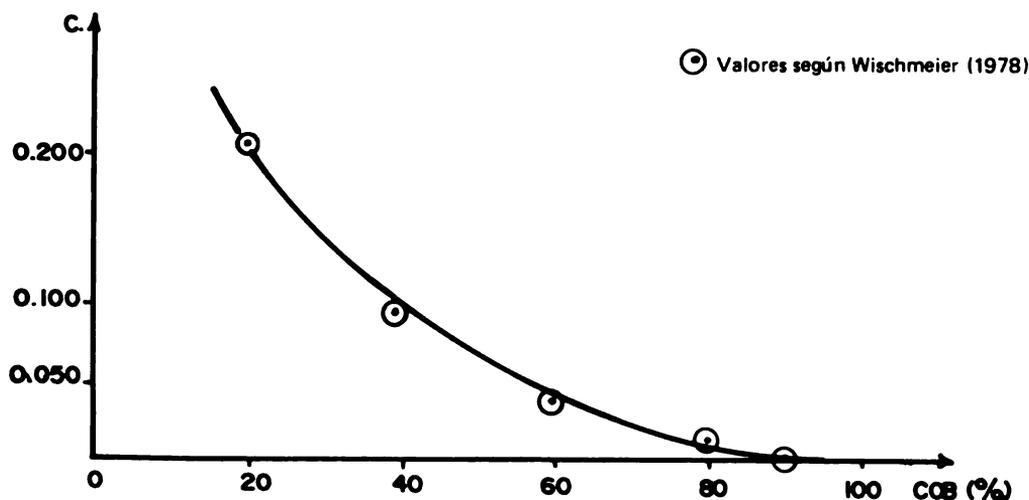


Figura 16: Valores del factor C en función de la cobertura.

El Factor de prácticas de conservación de suelos (P) evalúa el efecto de las mismas sobre la erosión; como en la zona no se han detectado prácticas de este tipo, se optó por asignar un valor de 1,0 a este factor.

En el Cuadro 35 se presentan los valores de las variables de la "Ecuación universal de pérdida de suelos" para las distintas subregiones. A partir de ellos, se calcula la erosión ocurrida en el área de cultivos, en el área de pastos, y por adición de estos valores, en toda la finca.

Cuadro 35. Valores en las variables de la "Ecuación universal de pérdida de suelos".

REGION	SUELO	PENDIENTE	R	K	LS	C	P
1	PQB	5 %b	*	0.65	1.0	**	1
2	PQB	25 %b	*	0.65	10.8	**	1
3	YAD	25 %b	*	0.57	10.8	**	1
4	YAD	50 %b	*	0.57	32.0	**	1

\* : para todos los casos  $R = 2.6 \cdot \text{precipitación anual (en cm)}$

\*\* : para cultivos  $C = 0.14$ ; para pastos  $C$  varía entre 0.20 y 0.003 en función de su cobertura.

FUENTE: elaborado según fórmulas y monogramas de Wischmeier (1978).

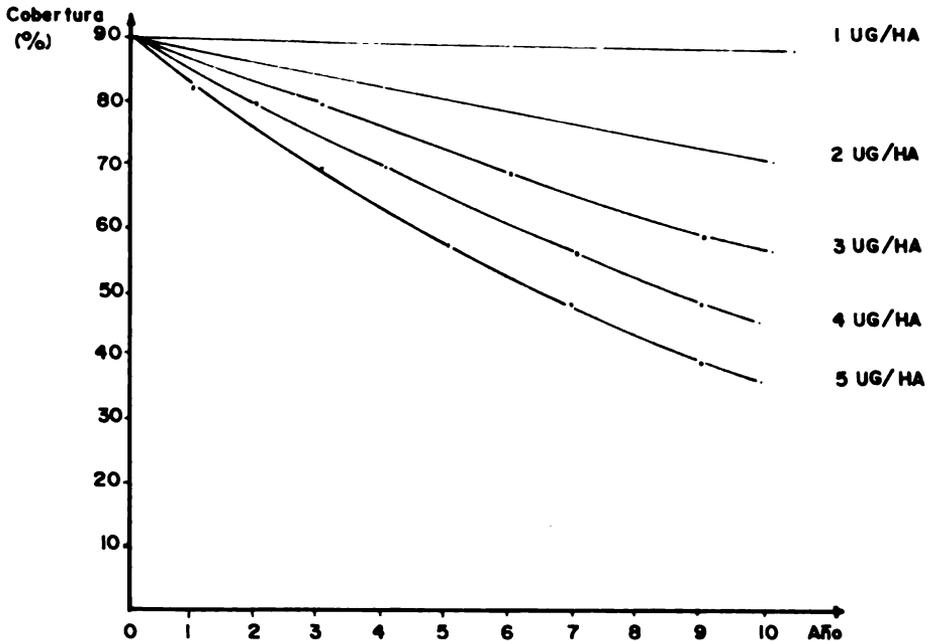


Figura 17: Evolución de la cobertura bajo distintos regímenes de carga animal, según la función establecida.

## DETERMINACION DE LOS NUTRIENTES EXTRAIDOS

Los nutrientes existentes y reciclados en un sistema de finca son numerosos, pero el análisis que hace este modelo se circunscribe al nitrógeno y al fósforo por tratarse de dos nutrientes básicos, y además, por ser los constituyentes de los fertilizantes comerciales más difundidos en el área de estudio.

Esta determinación se hace con el objeto de calcular la cantidad de fertilizante necesario para mantener el nivel de nutrientes del suelo y para evaluar la pérdida paulatina de fertilidad en las fincas en que no se fertiliza, y su efecto sobre los rendimientos de los cultivos. Aunque es una operación bastante compleja, a efectos del modelo se ha asumido una simplificación que consiste en cuantificar como pérdidas sólo lo extraído por los cultivos y lo arrastrado por la erosión.

Como ya se ha señalado, en el área de pastos no se evalúan las pérdidas de nutrientes por extracción de cultivos por considerarse que hay un retorno de los mismos al suelo a través del estiércol animal, pero sí se incluyen las pérdidas por erosión. Aunque esta es una aproximación muy preliminar al problema del reciclaje de los nutrientes, se ha optado por incluirla.

Los nutrientes extraídos por los cultivos de la finca se determinan con base en el rendimiento en granos y forraje y en el contenido de nitrógeno y fósforo de esos cultivos (Cuadro 36); la información utilizada en este caso se tomó de McDowell (1974).

Cuadro 36. Contenido de nitrógeno y fósforo de los productos agrícolas de la finca

PRODUCTO	NITROGENO (%)	FOSFORO (%)
maíz (grano)	1.58	0.33
sorgo (grano)	1.50	0.28
sorgo (forraje)	0.24	0.04
sorgo (huatera)	0.68	0.31
gandul (grano)	3.25	0.84
gandul (forraje)	0.77	0.07
pasto jaraguá (forr.)	0.30	0.06

FUENTE: Mc.Dowell (1974).

Los nutrientes perdidos por la erosión se calculan con base en el volumen de suelo perdido durante el año y en su contenido de nutrientes; la suma de ambos valores equivale a la pérdida total de nitrógeno y de fósforo de la finca durante el año. Para este estudio, la información sobre el contenido de nutrientes se tomó de la caracterización ambiental realizada por CATIE (1984).

La cantidad de fertilizante que debe aplicarse anualmente en la finca se calcula con base en la determinación anterior, en el contenido de nitrógeno y fósforo de los fertilizantes (Cuadro 37) y en su eficiencia de uso.

Cuadro 37. Contenido de nutrientes de los fertilizantes 16-20-0 y sulfato de amonio

Fertilizante	N %	P %
16-20-0	16.0	9.0
Sulfato de amonio	20.5	--

FUENTE: Fassbender (1984).

Por eficiencia del uso del fertilizante se entiende el porcentaje de nutrientes que es absorbido realmente por las plantas o retenido en el suelo; con base en lo expuesto por Sánchez (1976) se asumió un valor representativo de 50% para nitrógeno y 100% para fósforo.

Para las fincas en que no se aplica fertilizante, se descuenta del contenido total de nutrientes del horizonte superficial del suelo, la cantidad extraída durante el año, y a partir de ese resultado, se determina el nuevo nivel de nutrientes, el que se utilizará al año siguientes para calcular el ajuste de rendimientos por fertilidad y las pérdidas por erosión. Es evidente que en este caso, los resultados del análisis de finca modifican la información registrada a nivel regional.

## DETERMINACION DE LOS COSTOS DE PRODUCCION

En el modelo diseñado se incluyeron tres componentes del costo de producción: gastos en insumos, gastos en mano de obra y amortizaciones; los tres se calcularon por separado para las actividades agrícola y ganadera y luego se sumaron para obtener el total de la finca.

Los gastos en insumos de las actividades agrícolas se subdividieron en dos componentes: fertilizantes y otros insumos. Los gastos en fertilizantes se determinan con base en la cantidad de fertilizante que emplea la finca en el año y en el precio del producto.

Los gastos en otros insumos se calcularon a partir de la información recabada en Jocoro por el proyecto "Sistemas de producción para fincas pequeñas", que permitió definir los costos en función del nivel de insumos de la finca y del tipo y área del cultivo, y así calcular los gastos en otros insumos para cada uno de los cultivos de la región (Cuadro 38).

Cuadro 38. Gastos en insumos (colones/ha.año) por cultivo y sus correspondientes funciones

Cultivo	Nivel tecnológico (NT)	Semilla	Agroquímicos	Otros	Total	Funciones
maíz-sorgo	0	--	--	21	21	A = SUPMS * 21
	1	30	60	--	90	B = A + (NT * 63)
maíz-sorgo verano	0	17	--	--	17	C = SUPMS * 17
	1	17	209	--	226	D = C + (NT * 209)
maíz-gandul	0	--	41	--	41	E = SUPMG * 41
	1	170	88	--	258	F = E + (NT * 217)
gandul	1	82	--	--	82	G = SUPGA * 82
sorgo forrajero	0	8	--	--	8	H = SUPSF * 8
	1	55	87	--	142	I = H + (NT * 143)
maíz de postrera	0	15	65	--	80	J = SUPMP * 80
	1	21	59	--	80	K = SUPMP * 80
huatera	0	1	--	--	5	L = SUPGU * 5

Todos los términos de las funciones que incluyen el prefijo SUP, indican el área bajo cultivo de la especie indicada. NT: nivel tecnológico (tradicional: 0; alto insumo y apropiado: 1).

Los gastos del hato se subdividieron en gastos de alimentación y gastos en otros insumos. Los gastos en alimentación se determinaron con base en las compras de harina de algodón y melaza necesarias para cubrir los requerimientos del hato, calculados anteriormente, y en los precios de estos productos.

Los gastos en otros insumos se obtuvieron empleando una metodología similar a la utilizada para las actividades agrícolas, pero tomando como unidad de referencia el número de vacas en vez del área de cultivo. Estos gastos resultaron ser 14,5 colones/vaca.año en las fincas de baja tecnología y 25,5 colones/vaca.año en las que emplean tecnología más elevada.

Con respecto a la mano de obra, se establecieron funciones (Cuadro 39) que permiten calcular el total de horas anuales empleadas en cada cultivo, a partir del área de siembra y del nivel de insumos utilizado. Dado que la cosecha es una de las operaciones que requiere mayor disponibilidad de mano de obra, se ideó un factor que ajusta los requerimientos de mano de obra de cada cultivo en función de la precipitación anual, a fin de incluir la corrección mencionada. Esta relación se estableció a partir de la dependencia de los rendimientos de los cultivos con respecto a la lluvia, y permite corregirlos por un mismo factor, ahorrándose así la complicación que resultaría de tener que corregir cada cultivo de acuerdo con sus rendimientos específicos.

Los requerimientos de mano de obra de la actividad ganadera se establecieron con un criterio similar, pero usando las vacas como unidad de referencia. La suma de

ambos requerimientos permite obtener el requerimiento total de mano de obra de la finca.

Este requerimiento se satisface mediante el concurso de dos fuentes de mano de obra: la familiar y la contratada. La información recabada por el proyecto "Sistemas de producción para fincas pequeñas" permitió establecer que en Jocoro, la mano de obra familiar alcanza un promedio de 2.000 horas al año, debiendo satisfacerse el requerimiento adicional mediante contratación. En esta forma se determina, entonces, la cantidad de mano de obra familiar, contratada y total que emplea la finca anualmente.

Para calcular las depreciaciones, se cuantificó el monto total de las mismas para las actividades agrícola y ganadera, refiriéndolo luego al área total de la finca y al número de vacas del hato; la información de campo sobre estos aspectos provino de los diagnósticos efectuados por el Proyecto.

Cuadro 39. Requerimientos de mano de obra (horas/ha.año) y sus correspondientes funciones

Actividad	Nivel de insumos (NI)	Req. mano de obra	Funciones
maíz-sorgo	0	517	A = SUPMS * 517
	1	680	B = A + (NI * 163)
maíz-sorgo verano	0	601	C = SUPMSV * 601
	1	833	D = C + (NI * 232)
maíz-gandul	0	802	E = SUPMG * 802
	1	980	F = E + (NI * 178)
gandul	1	694	G = SUPGA * 694
sorgo forrajero	0	234	H = SUPSF * 234
	1	887	I = H + (NI * 653)
maíz de postrema	0	400	J = SUPMP * 400
	1	752	K = J + (NI * 352)
huatera	0	210	L = SUPGU * 210
Ganadería	0	17 (+)	M = VACAS * 17
	1	34 (+)	N = M + (NI * 17)

(+) horas/vaca.año

A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N: requerimientos de mano de obra (horas/año)

Todos los términos que incluyen el prefijo SUP indican el área bajo cultivo de la especie indicada. VACAS: indica el número de vacas del hato.

**Cuadro 40. Precios de insumos y productos**  
(en colones salvadoreños)

<b>Elemento</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>
harina de algodón	kg	0.66
melaza	kg	0.12
leche	lt	1.00
carne	kg-vivo	2.50
mano de obra	hora	1.00
fert. 16-20-0	kg	0.90
fert. Sulfato amonio	kg	0.53

La adición de todos los componentes citados permite obtener el costo de producción anual de la finca en términos contables.

Los egresos en efectivo de la finca equivalen a los gastos en insumos más el costo de la mano de obra contratada. En el Cuadro 40 se presentan los precios de insumos y productos en colones salvadoreños de 1984, a una paridad cambiaria de cuatro colones por dólar estadounidense.

## LOS INGRESOS DE LA FINCA

Los ingresos de la finca provienen de las ventas de carne y de leche y del consumo familiar de lo que en ella se produce. En el modelo propuesto, la producción de grano y de forraje no genera ingresos directos, porque se asume que ella es utilizada íntegramente dentro de la finca.

El ingreso obtenido por ventas se calcula con base en la producción de carne y de leche y en los precios de ambos productos.

El consumo familiar ha sido considerado como fijo y definido en términos monetarios y no físicos, a fin de simplificar el programa, en particular cuando la producción no alcanza para suplir el consumo familiar. A efectos de poder simular distintas disponibilidades de mano de obra familiar y, por lo tanto, distintos niveles de consumo, éste se calcula multiplicando las horas anuales de mano de obra familiar disponible por un factor constante calculado a este fin.

La adición de ambos componentes permite determinar el ingreso total de la finca; el ingreso líquido equivale al valor de las ventas de carne y de leche.

## RESULTADO GLOBAL DE LA FINCA

Este paso implica determinar las variables económicas que permiten evaluar el resultado global del funcionamiento de la finca; estas variables son:

- a) El flujo de caja, que se obtiene deduciendo los egresos totales en efectivo de los ingresos totales (también en efectivo). Esta variable permite evaluar la disponibilidad de efectivo de la finca al final de un año dado. El nivel de detalle en que se ha estructurado el modelo (anual) no permite obtener el flujo de caja mensual.
- b) El ingreso neto de la finca, que se obtiene deduciendo del ingreso en efectivo todos los gastos, el consumo familiar, las depreciaciones y el valor de la mano de obra familiar, determinado a precios corrientes. Esta variable permite evaluar el resultado de la finca desde el punto de vista financiero, pues expresa el valor de su renta, una vez remunerados todos los factores productivos.
- c) El costo directo de producción, que es igual a los gastos en efectivo realizados durante el año. Esta variable puede desglosarse en sus componentes, a fin de evaluar la incidencia relativa de cada uno de ellos y determinar cuáles son lo suficientemente significativos como para que una mejora en su empleo se traduzca en un mejoramiento sustancial del comportamiento económico de la finca.

## **GLOBALIZACION REGIONAL DE LA INFORMACION DE FINCAS**

Una vez completados los análisis correspondientes a cada una de las fincas tipo, es posible globalizar sus resultados con el fin de obtener una aproximación al comportamiento macroeconómico del componente agropecuario regional. Para ello, se multiplican las variables de interés de cada finca tipo por el número de fincas correspondiente a la región, tamaño y nivel tecnológico representados por la finca tipo considerada.

La globalización también es útil para analizar la incidencia y la importancia relativa de cada sector en el contexto regional, lo que permite definir con más detalle el análisis a este nivel.

Las variables de interés a nivel regional son las siguientes:

- a) Las relacionadas con la erosión de los suelos, ya que permiten evaluar si los sistemas en uso o propuestos tienen posibilidad de sostenerse en el tiempo desde el punto de vista ambiental. Este aspecto es crítico, y si se omite en el análisis global de la cuestión, puede conducir a desagradables sorpresas posteriores.
- b) Las relacionadas con la producción física comercializable de la zona (leche y carne, en este caso), ya que ellas permiten establecer la contribución regional a la disponibilidad de alimentos de este tipo a nivel nacional, y la eventual generación de saldos exportables.
- c) Las relacionadas con el flujo de caja de las fincas, pues ellas, al evaluar la masa de efectivo disponible en la región, permiten determinar los requeri-

mientos potenciales de crédito de la misma, y en qué circunstancias y a qué sector aquejan. Asimismo, permiten evaluar posibles excedentes de moneda que pueden ser captados para el ahorro y crédito nacional o regional.

En un segundo nivel, se consideran:

- d) Las variables relacionadas con la mano de obra, ya que ellas permiten evaluar las posibilidades de empleo generadas por el sector agropecuario regional. Este análisis se efectúa tanto a nivel de mano de obra contratada como familiar.
- e) Las relacionadas con el uso de insumos no producidos en la finca, a fin de evaluar los requerimientos de la zona en cuanto a insumos importados de otras regiones o del exterior. Esto permite estimar la magnitud de las relaciones económicas interregionales y cuantificar aspectos de importancia para el análisis de la balanza de pagos nacional.

### **La dinámica del sistema**

Una característica importante del modelo es su posibilidad de efectuar todas las determinaciones presentadas a lo largo de un período de tiempo previamente seleccionado (en este caso, 10 años). Esta característica permite evaluar la influencia de factores que varían con el tiempo, como las precipitaciones, la fertilidad de los suelos, los precios relativos de insumos y productos y otros.

El análisis de la información a través del tiempo permite establecer tendencias de comportamiento, las que son decisivas para una adecuada prognosis a mediano y a largo plazo .

### **El programa de computadora del modelo**

El modelo descrito ha sido programado en Basic, empleando un equipo IBM PC-XT con sistema operativo DOS (versión 3.0). El programa desarrollado requiere de un equipo con una capacidad mínima de 28K de memoria RAM.

Los diagramas de flujo del modelo se desarrollan en las Figuras 18 a 24; en primer término se presenta un diagrama general (Figura 18), y luego se detallan los diagramas específicos correspondientes a cada una de sus partes. Estos diagramas resultan lo suficientemente explícitos en sí mismos como para que sea necesario incluir comentarios adicionales. El listado del Programa Basic se incluye en el Anexo 1.

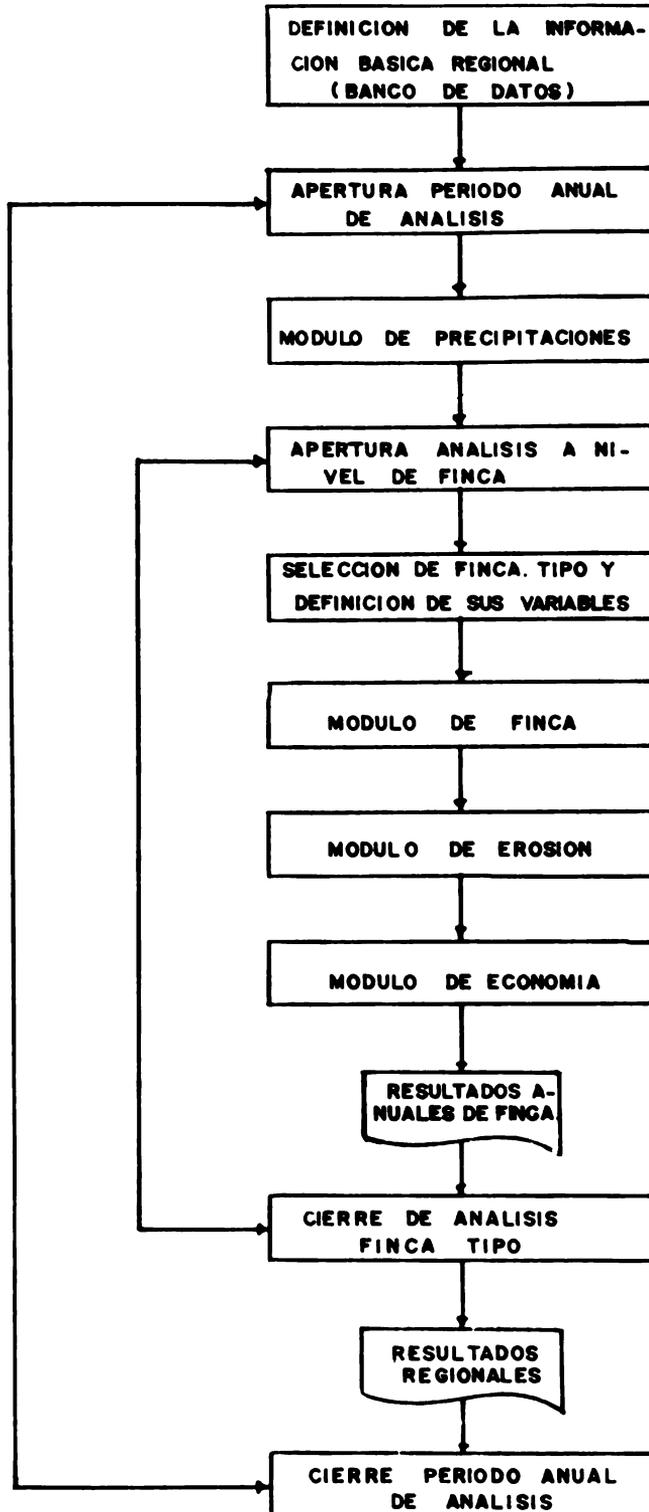


Figura 18: Diagrama de flujo global del modelo.

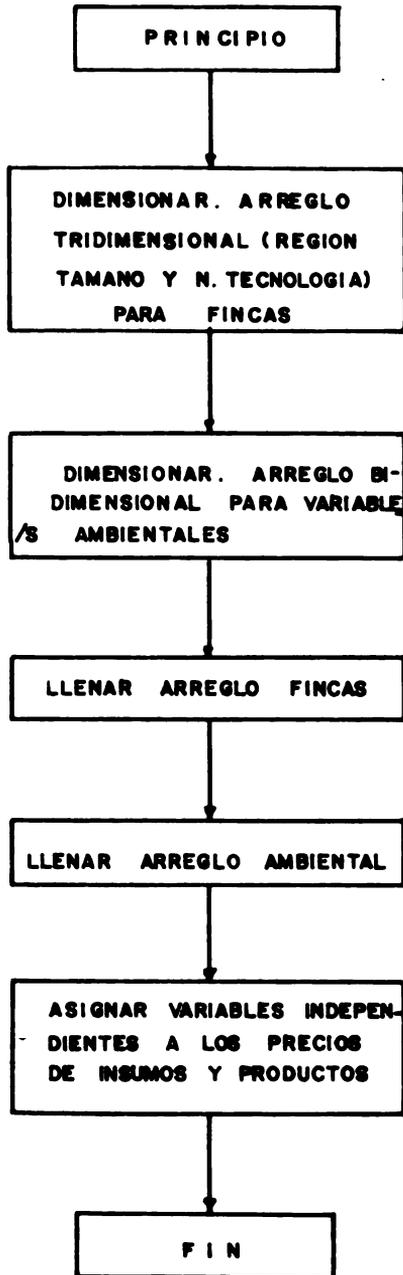


Figura 19: Diagrama de flujo: banco de datos regional.

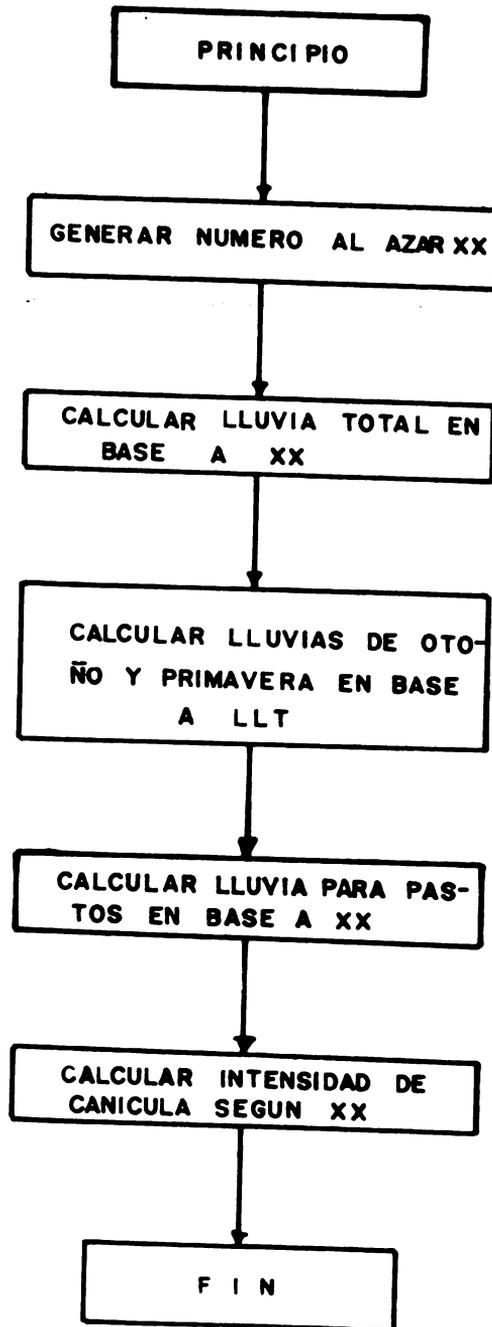


Figura 20: Diagrama de flujo: módulo de precipitaciones.

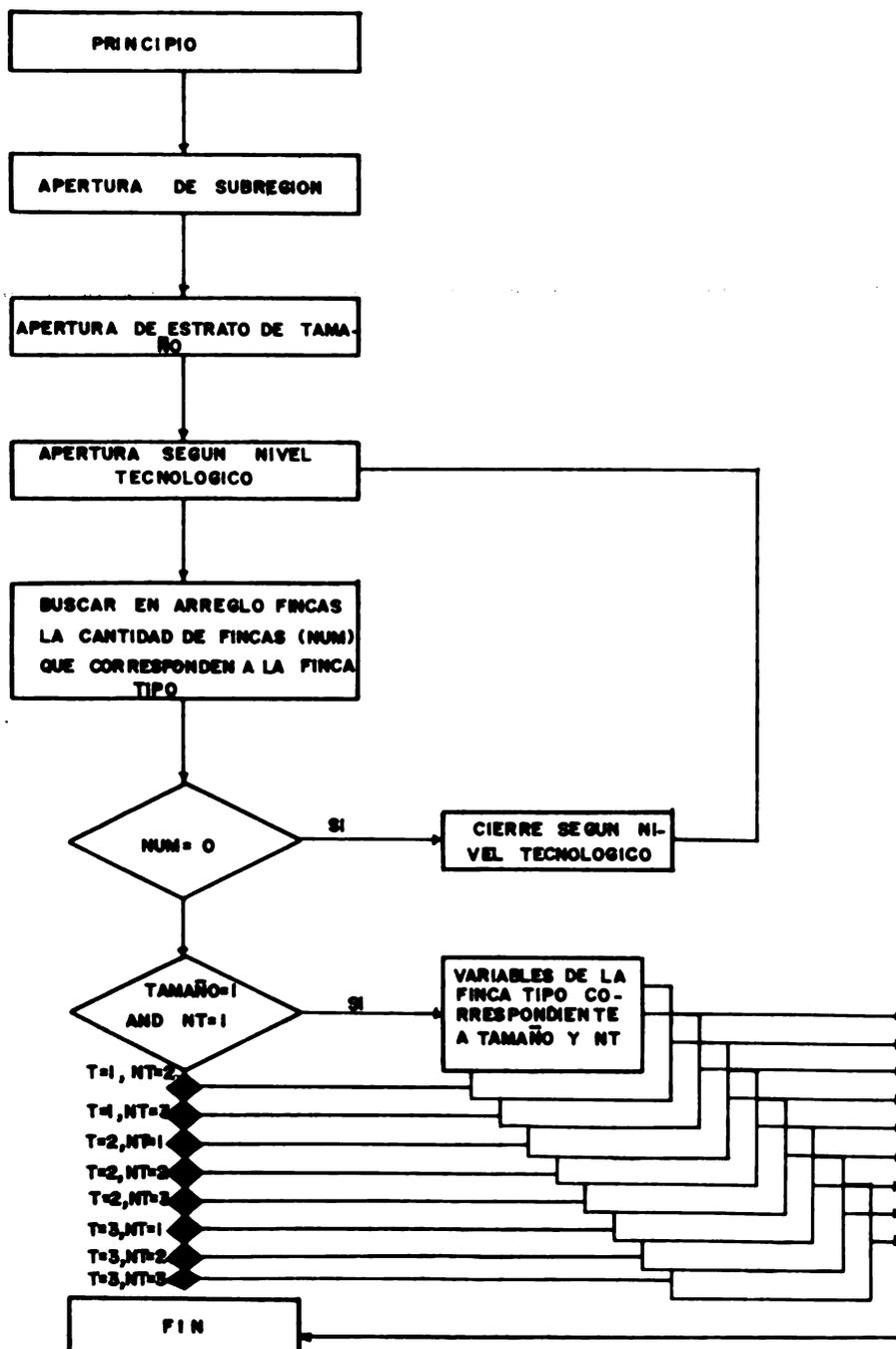


Figura 21: Diagrama de flujo: selección de finca tipo y definición de sus variables.

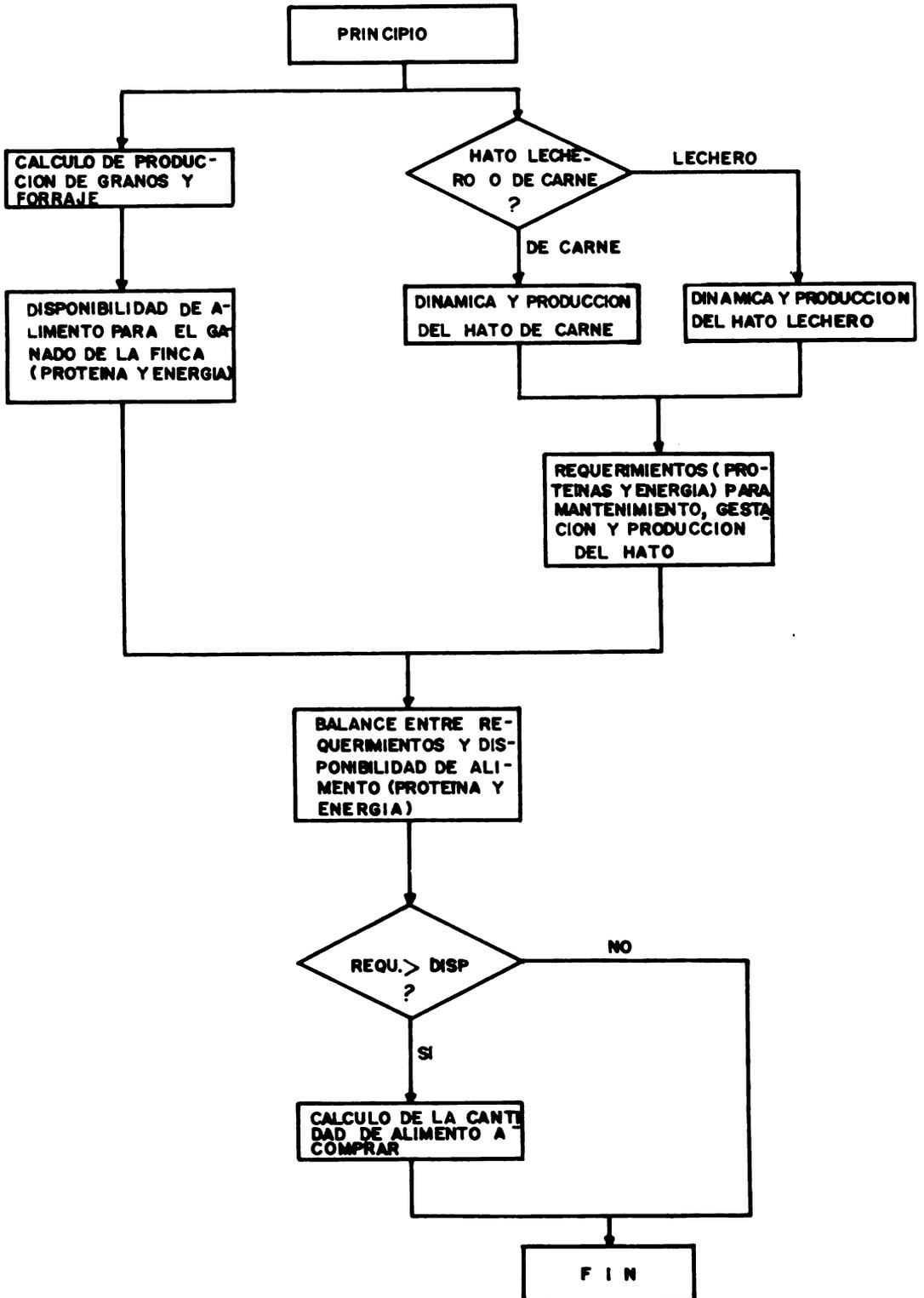


Figura 22: Diagrama de flujo: módulo de finca.

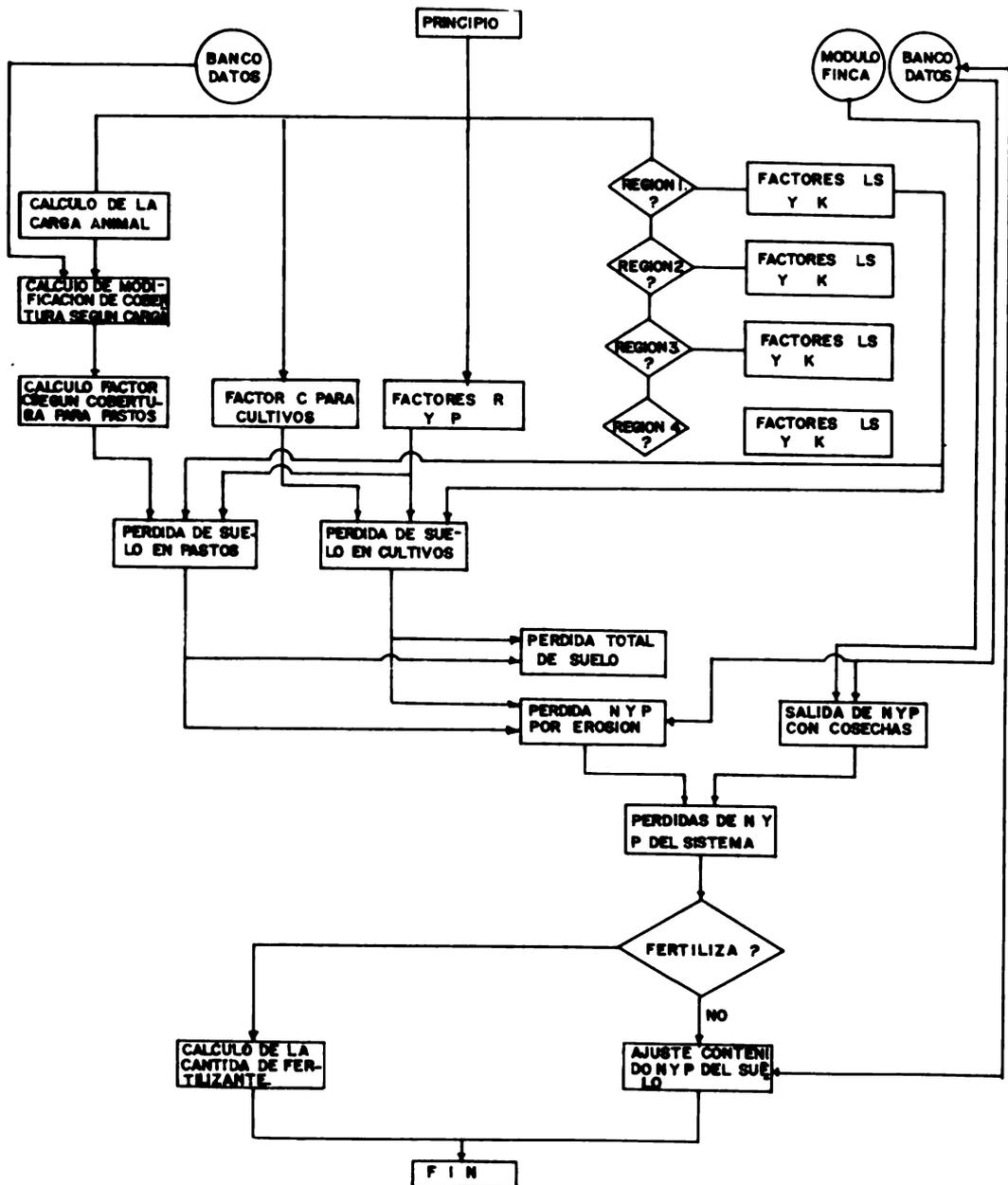


Figura 23: Diagrama de flujo: módulo de erosión y degradación.

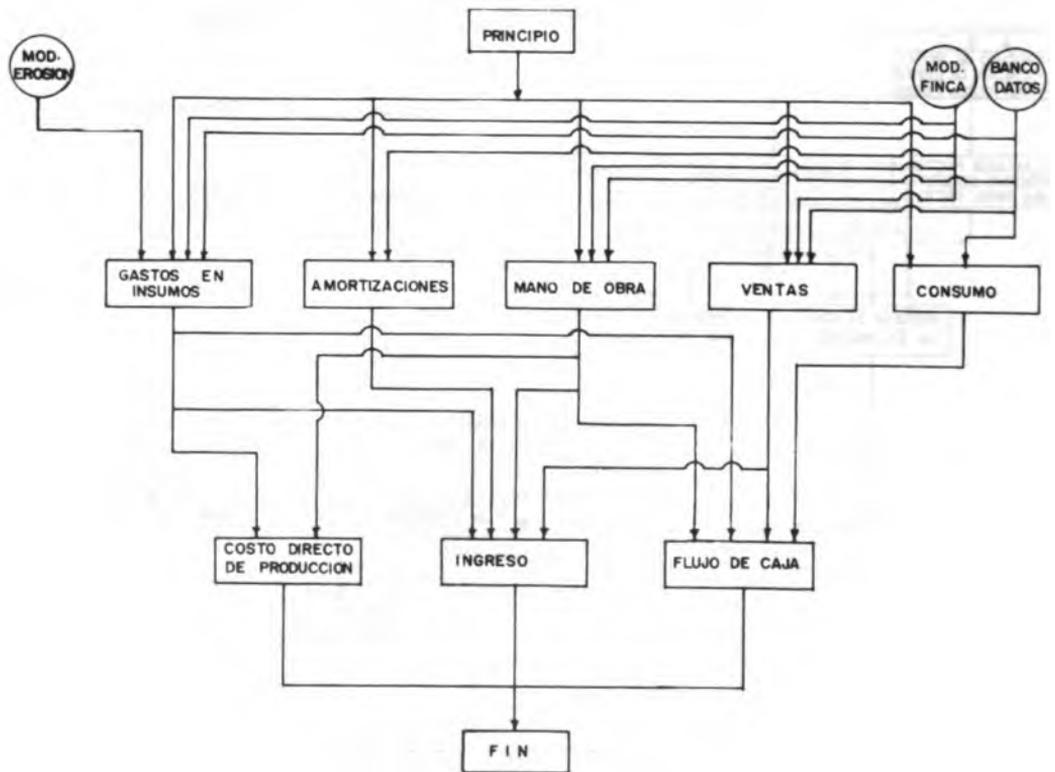


Figura 24: Diagrama de flujo: módulo de economía.

## ASPECTOS A EVALUAR MEDIANTE EL MODELO PROPUESTO

El modelo formulado se empleará para evaluar los siguientes aspectos específicos de la región y de sus fincas:

- a) **Comportamiento de algunas de las estrategias tecnológicas posibles para la región, a saber: tecnología tradicional, tecnología de altos insumos y tecnología apropiada.**  
Todas ellas serán evaluadas bajo el supuesto de que se mantiene el actual sistema mixto de producción, con ganado de doble propósito y pastos naturales. La hipótesis que se desea verificar en este caso podría expresarse de la siguiente forma: para cada año, la producción agropecuaria y el resultado económico obtenidos son el resultado de la combinación de los factores ambientales, los sistemas de producción y la tecnología utilizada. Cabe suponer que sistemas de producción con alta exigencia ambiental pueden generar alta producción y elevados ingresos durante los primeros años, hasta que la degradación ambiental producida por ellos comienza a reducir los niveles de producción y los ingresos. Por otra parte, otros sistemas de producción que exigen menos al ambiente, pueden generar menos producción e ingresos más bajos, pero al no degradar el ambiente, permanecen estables a través del tiempo. Ambas tendencias deben cruzarse en algún momento, siendo útil poder estimar cuándo se producirá esta intersección a fin de establecer la conveniencia de adoptar uno u otro sistema.  
Asimismo, se podrá evaluar la sostenibilidad de los diferentes sistemas en el tiempo y en distintos ambientes de la misma región, lo que proporcionará información sobre la necesidad de establecer sistemas de extensión agrícola más flexibles.
- b) **Influencia de las distintas estrategias tecnológicas en el comportamiento global del área, bajo las diferentes condiciones ambientales de las regiones en que ha sido subdividida.**
- c) **Influencia del régimen de precipitaciones sobre el comportamiento global, ambiental y económico del área.**
- d) **Efecto de las variaciones de precios de insumos y productos sobre el resultado económico de las fincas, a mediano plazo.**
- e) **Efecto de la redistribución de la tierra sobre las variables económicas y ambientales regionales (producción, requerimientos de mano de obra, requerimientos de insumos, erosión, etc.), bajo las estrategias tecnológicas que resulten más adecuadas.**

## RESULTADOS

### Desempeño de las estrategias tecnológicas en el tiempo

El primer aspecto estudiado fue el de la evolución de las distintas estrategias tecnológicas en el tiempo; para ello se decidió mantener constante el nivel de precipitaciones (en el valor de la precipitación media anual), a fin de que el efecto de las lluvias no distorsionara las tendencias que se fueran manifestando.

Los resultados obtenidos mostraron diferencias apreciables según las regiones y el tamaño de las fincas, tanto a nivel económico como ambiental.

### ASPECTOS AMBIENTALES

Desde el punto de vista ambiental, la primera conclusión a que se llegó fue que los cultivos agrícolas de ciclo anual sólo pueden producirse sin problemas de erosión en la denominada Región 1 (con pendientes inferiores al 10%), tal como era previsible. En esta región, las pérdidas del suelo por erosión alcanzan un nivel de 11 ton/ha.año, compatible con el ritmo natural de formación del suelo estimado entre 10 y 15 ton/ha.año. En las Regiones 2 y 3, la erosión supera las 100 ton/ha.año, lo que impone la adopción de prácticas intensivas de conservación de suelos. En la Región 4 (con pendientes superiores a 40%), no es posible establecer cultivos anuales bajo las técnicas de conservación usuales y factibles en el área.

En lo que hace a las tierras bajo pastos naturalizados (jaraguá), la carga animal parece ser el factor decisivo. Aún en la Región 1, cargas promedio de 2,5 UG/ha condujeron a valores límites de erosión al cabo de sólo diez años. En esta región y bajo las condiciones del modelo, la carga límite parece estar en 3,1 UG/ha; en las otras regiones el máximo se ubica en 1,0 UG/ha.

Un aspecto interesante es que el modelo señaló que en los primeros dos o tres años, con cargas de 2 UG/ha, no aparecerían signos muy visibles de erosión en ninguna región, y que estos recién empezarían a presentarse a partir del tercer año en la Región 4 y del quinto en las Regiones 2 y 3, lo que señala el peligro de las evaluaciones ambientales a corto plazo en áreas frágiles, aún con respecto a su capacidad de uso pastoril. La Figura 25 esquematiza la marcha de la erosión de los pastos en el tiempo para cargas de 1 y 2 UG/ha en las distintas regiones.

### ASPECTOS PRODUCTIVOS

En las fincas con tecnología de altos insumos, la producción de forraje y de grano se mantuvo constante; este resultado era de esperar, porque el modelo calcula los rendimientos de los cultivos a partir de las precipitaciones y de la fertilidad del suelo, y las primeras se mantuvieron constantes, en tanto que la fertilización se calculó de manera que el nivel de fertilidad del suelo fuera también constante.

En las fincas que no emplean fertilizantes (tecnología tradicional y apropiada), las caídas de rendimiento variaron según las regiones, siendo del 2 al 3% en la Re-

gión 1 al cabo de los diez años de análisis, de un 30 a un 35% en las Regiones 2 y 3 al finalizar el mismo período, y de un 80% en la Región 4. Estos resultados muestran que en estos suelos, la causa principal de pérdida de fertilidad es la erosión y no los nutrientes extraídos por los cultivos o los pastos y exportados con las cosechas o el pastoreo.

La Figura 26 muestra la producción de granos a través del tiempo para las fincas medianas de las distintas regiones.

En el modelo, la producción de pastos está ligada a las lluvias y a la cobertura, y la cobertura está relacionada con la carga animal. El aspecto de fertilidad no se incluyó porque se considera que el aporte de nutrientes a través de los excrementos de los animales compensa las pérdidas del sistema. Las caídas de rendimiento calculadas fueron del 20% con cargas de 2 UG/ha al cabo de diez años, del 40% con cargas de 3,5 UG/ha y del 50% con cargas de 4 UG/ha. En este aspecto, es importante señalar que cargas altas que generan fuertes niveles de erosión, no modifican en la misma proporción la productividad de los pastos, enmascarando así el primer efecto a los ojos del productor. La Figura 27 muestra la evolución de la producción de forraje a lo largo del período de estudio, bajo distintas cargas.

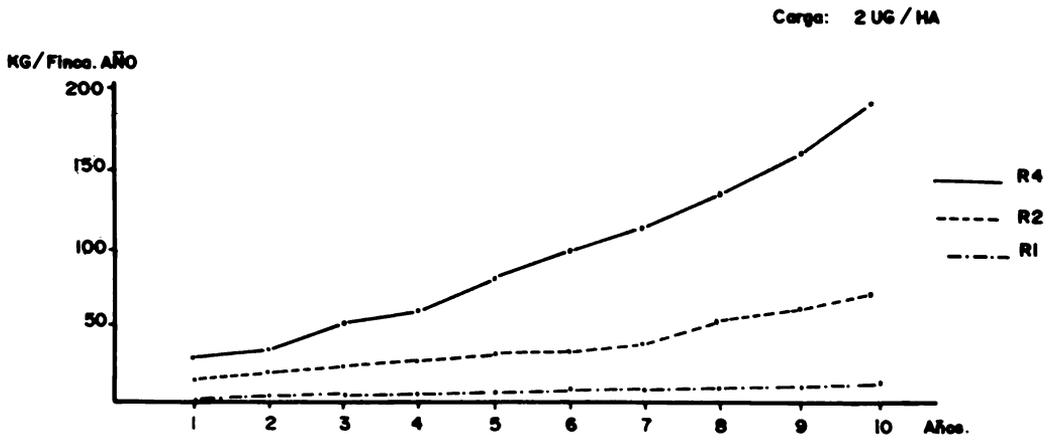
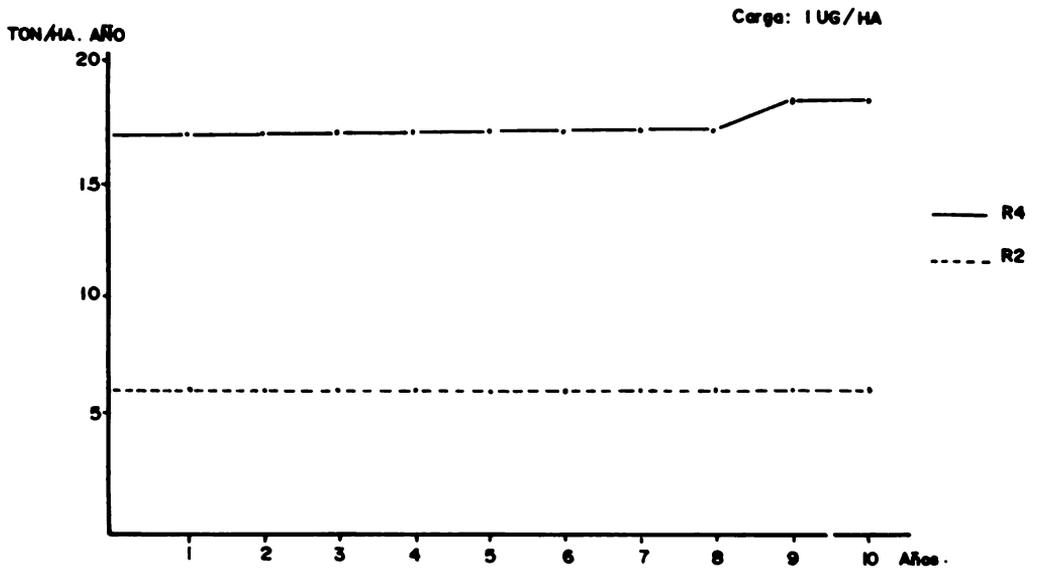


Figura 25: Erosión de pastos bajo diferentes cargas.

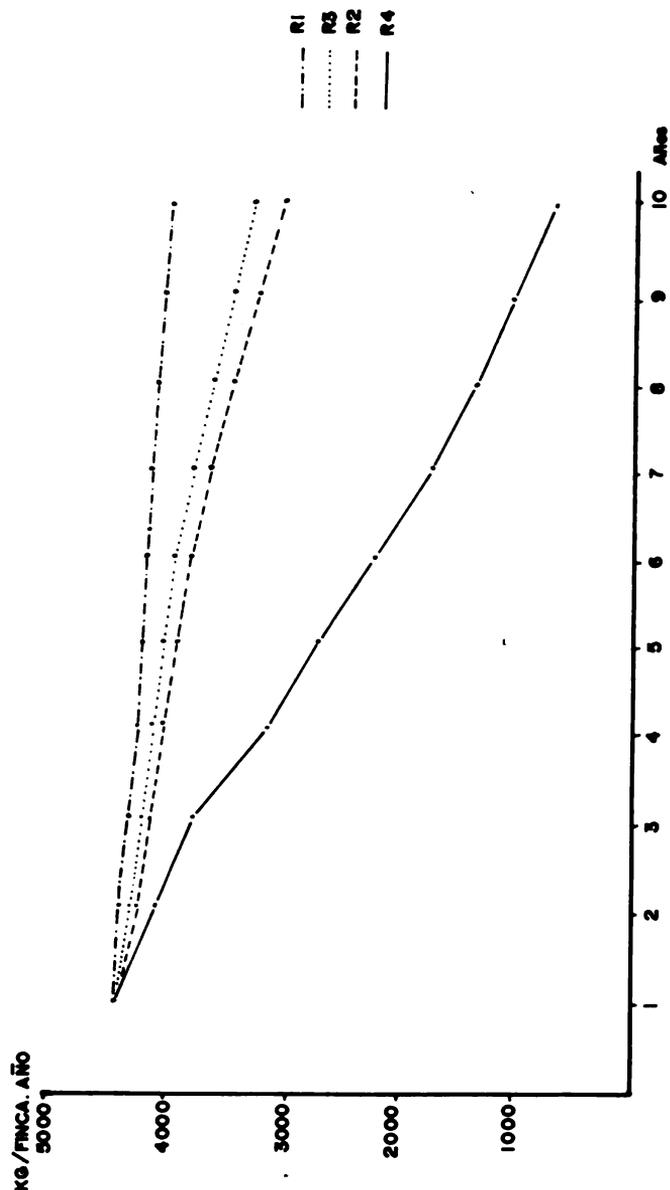


Figura 26: Producción de granos. Fincas medianas (5-15 ha). Tecnología apropiada.

En lo que hace a la producción ganadera, el modelo la supone constante, a fin de simplificar su formulación y el análisis de los resultados, concentrando los efectos de la caída de la producción agrícola en la compra de alimentos fuera de la finca.

## REQUERIMIENTOS DE INSUMOS

Con respecto al requerimiento de fertilizantes, que sólo corresponde a las fincas con tecnología de altos insumos, se observaron las siguientes tendencias: en la Región 1, no hubo modificaciones en el nivel de aplicación de los mismos; las Regiones 2 y 3 durante el primer año de análisis requerían entre dos y tres veces más fertili-

zante que la Región 1 para compensar las pérdidas por erosión, mientras que la Región 4 requería aproximadamente el triple que las anteriores. Al final del período de análisis, los requerimientos prácticamente se habían duplicado en las tres regiones, registrándose un incremento particularmente importante en las fincas medianas (Figura 28).

En cuanto a los requerimientos de alimento para el ganado, las compras aumentan a medida que se pasa de la Región 1 a la 4, reflejando las reducciones en el rendimiento de pastos y cultivos. En valores absolutos, los mayores incrementos se dan en las fincas con tecnología apropiada, mientras que en términos de proporciones, los aumentos más importantes corresponden a las fincas con tecnología tradicional; las variaciones oscilan entre el 11 y el 110%, según el tamaño de la finca y la región considerada (Figura 29).

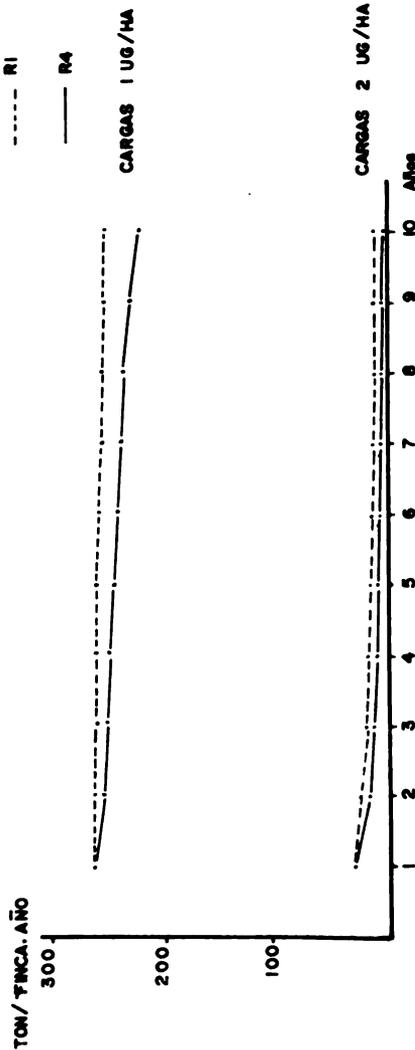
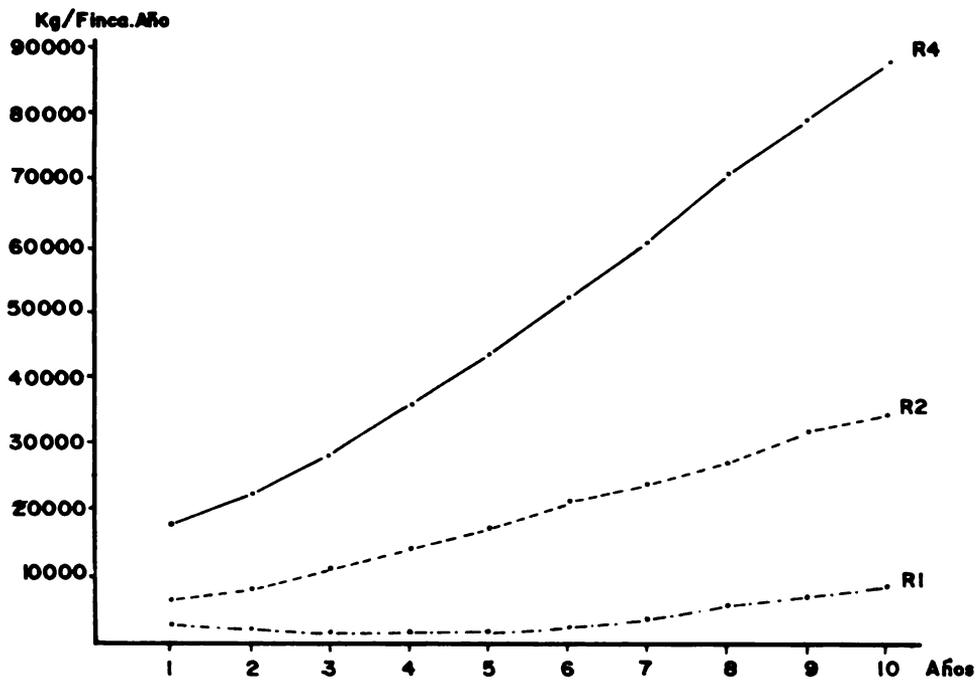


Figura 27: Producción de pastos bajo diferentes cargas.

Nota: Las fincas que tienen 1 UG/HA en distintas regiones son comparables entre sí en valores absolutos, pero no lo son con las de 2 UG/HA.

## F. MEDIANAS



## F. PEQUEÑAS

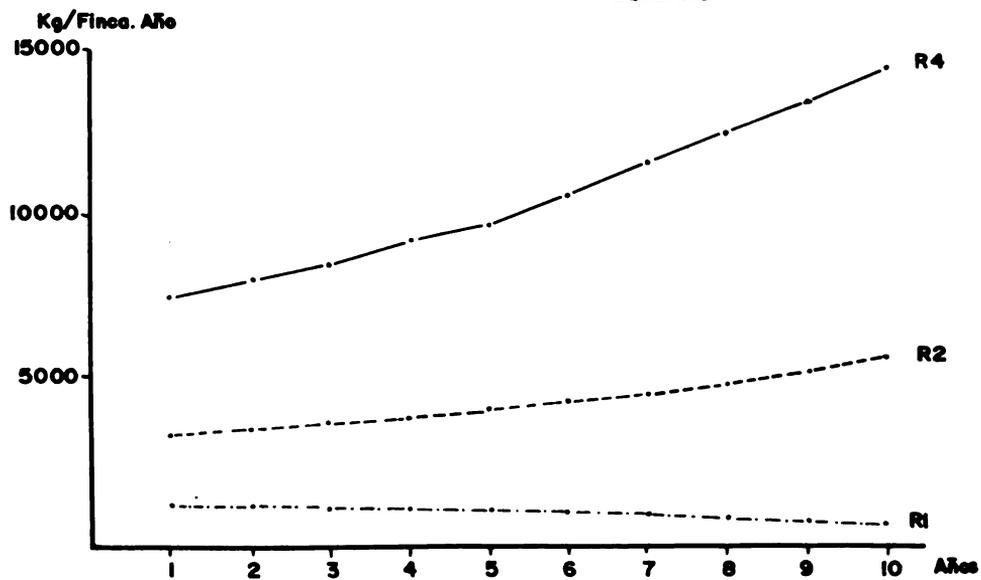


Figura 28: Requerimientos de fertilizante.

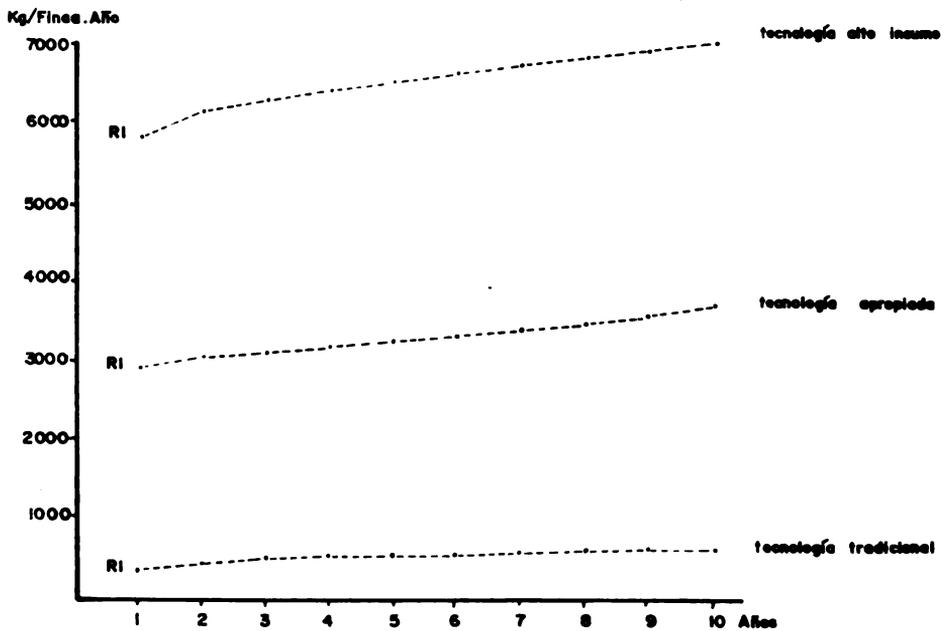
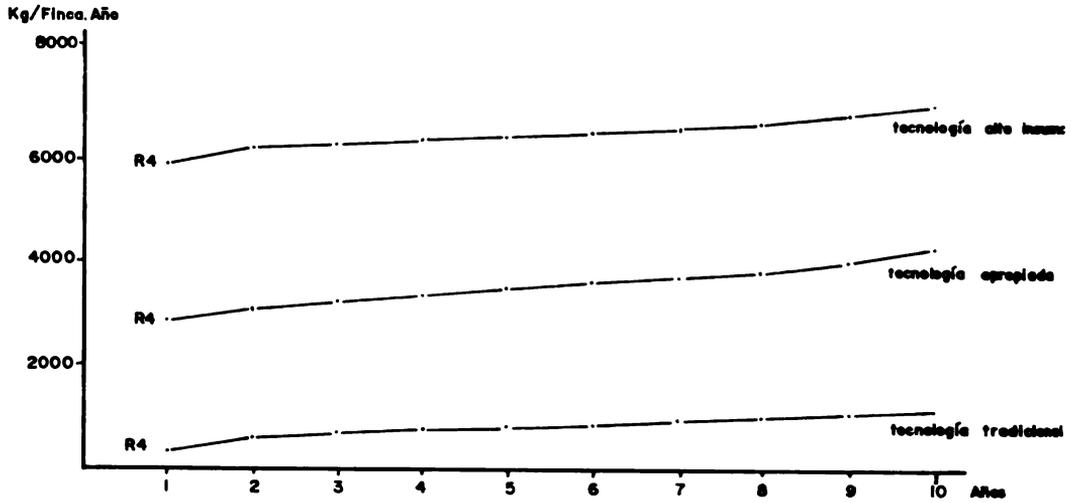


Figura 29: Requerimientos de proteína. Fincas medianas.

Un aspecto que cabe destacar en este análisis, es el mayor incremento de los requerimientos de fertilizantes con respecto a los requerimientos de alimento; por ejemplo, en las fincas medianas de la Región 4, los requerimientos de fertilizante se cuadruplicaron mientras que los de alimento (proteína) aumentaron sólo un 10%.

## ASPECTOS ECONOMICOS

Los resultados económicos serán analizados a partir del ingreso neto por hectárea y por año de cada tipo de finca.

Durante el primer año, todos los tamaños y estrategias tecnológicas aparecían como viables, con excepción de las fincas grandes con tecnología de altos insumos en las regiones de aptitud menor (2, 3 y 4). En ese momento del análisis, la tecnología de altos insumos generaba los ingresos netos más elevados en las fincas pequeñas y medianas de las Regiones 1, 2 y 3 y en las fincas medianas de la Región 4; en los demás casos, los mejores resultados correspondían a la tecnología apropiada.

Al cabo de los diez años analizados, la situación había variado considerablemente, ya que casi la mitad de las fincas tipo había pasado a ingresos netos negativos o muy próximos a cero, incluyendo varias con las alternativas aparentemente óptimas en el año 1. En este momento, la tecnología de altos insumos sólo se mantenía como la más rentable en la Región 1, en fincas medianas y pequeñas, mientras que la llamada tecnología apropiada ocupaba la mejor posición en todos los otros casos. La Figura 30 (a, b y c) muestra la marcha del ingreso neto/ha.año en distintas fincas de las regiones consideradas.

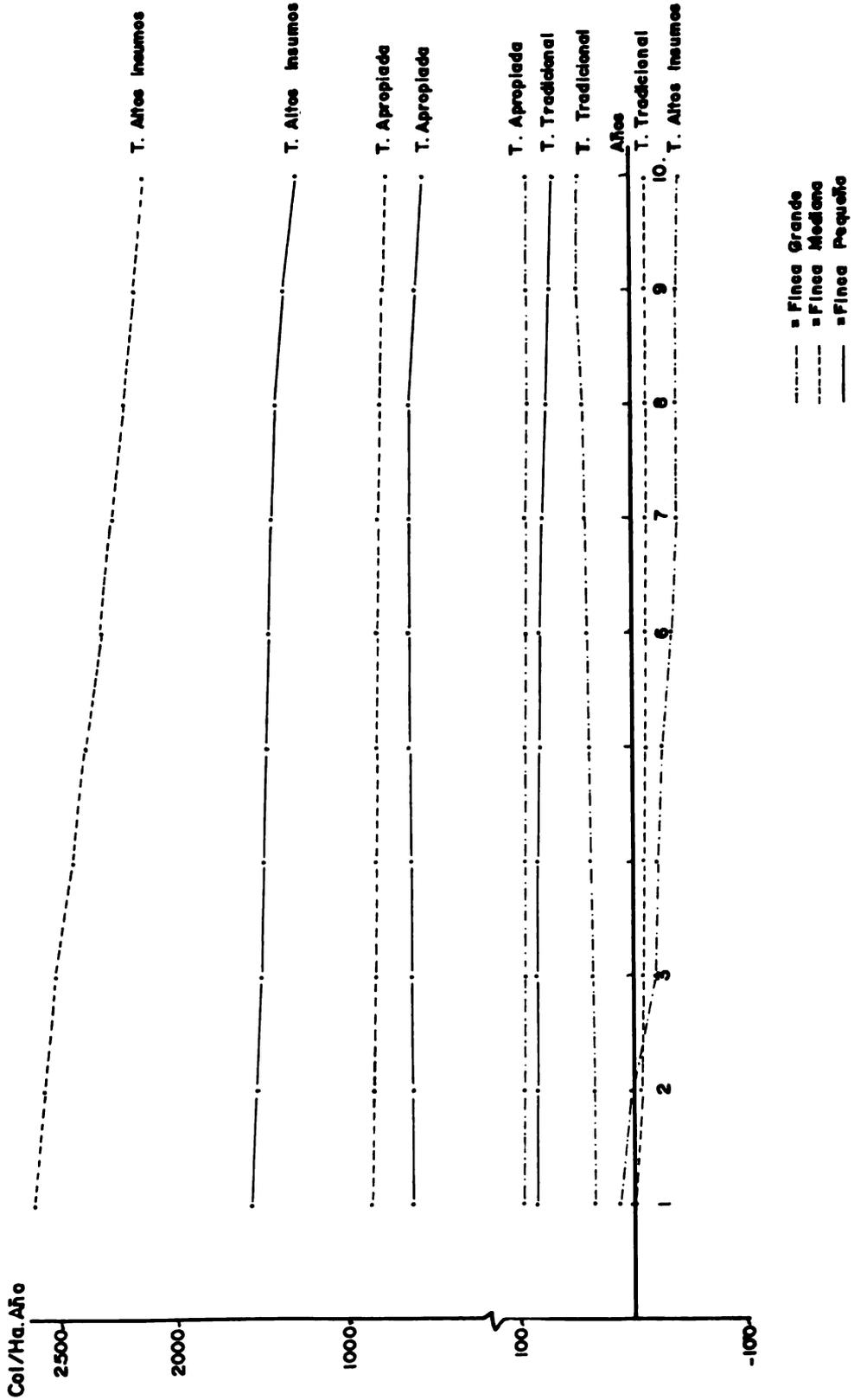


Figura 30a: Evolución del ingreso neto por hectárea. Región 1.

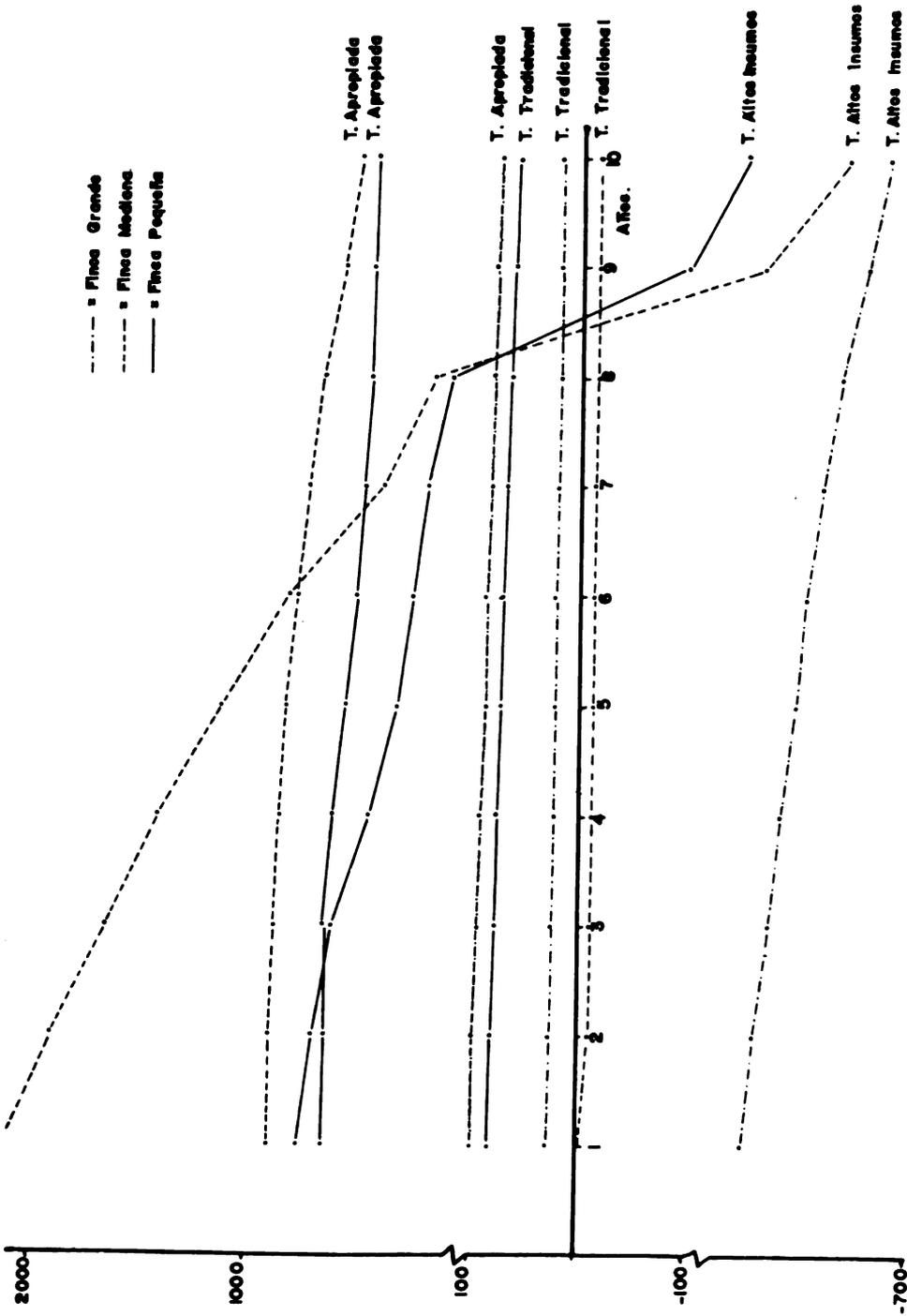


Figura 30b: Evolución del ingreso neto por hectárea. Región 2.

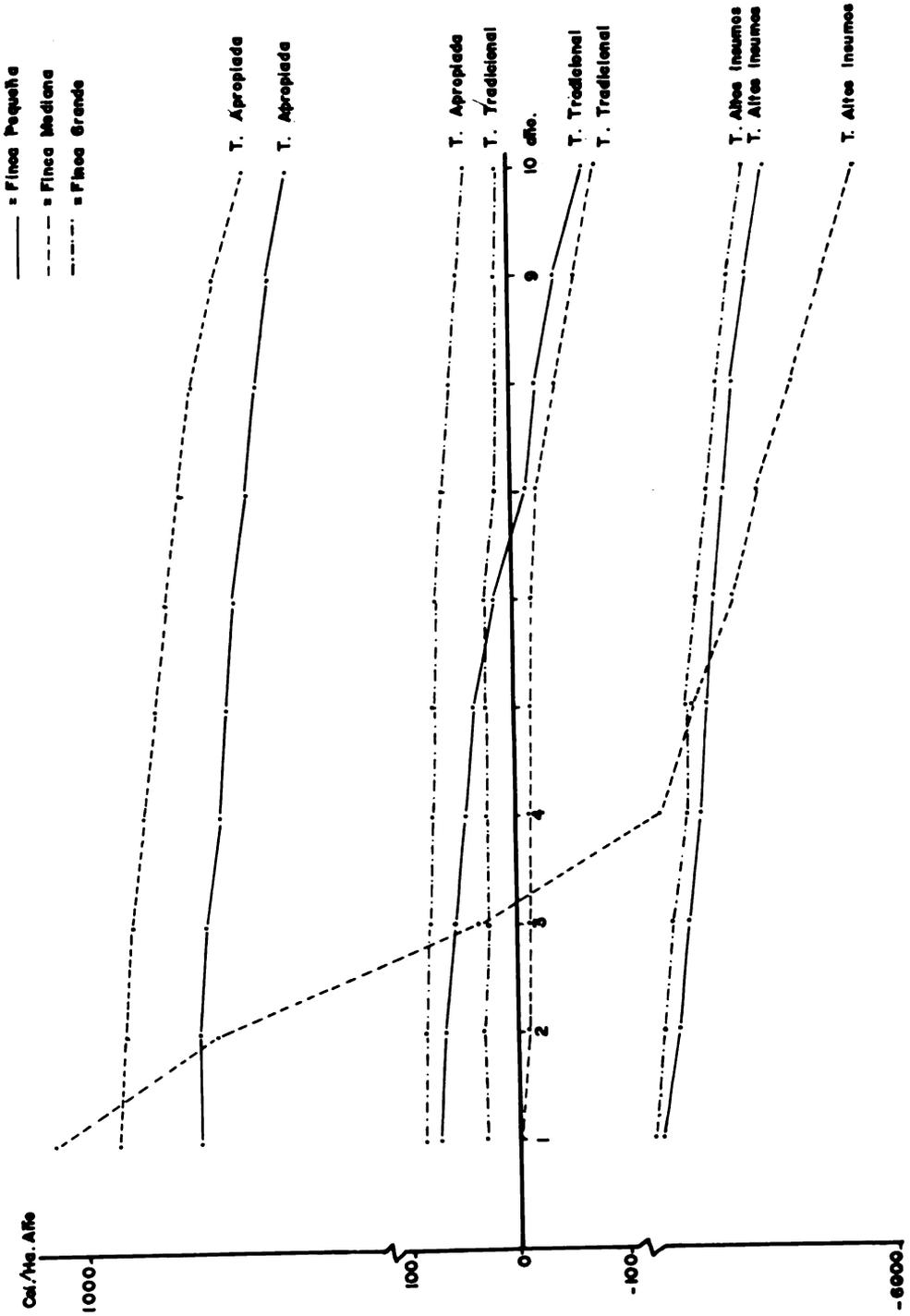


Figura 30c: Evolución del ingreso neto por hectárea. Región 4.

En cuanto a los requerimientos de mano de obra por hectárea, las tendencias son decrecientes en dos sentidos: a medida que aumenta el tamaño de la finca y a medida que se pasa de la tecnología de altos insumos a la tecnología tradicional y de ésta a la tecnología apropiada (Cuadro 41).

Cuadro 41. Requerimientos de mano de obra por hectárea/año (en horas).

Tamaño de finca	Tecnología		
	Altos insumos	Tradicional	Apropiada
Pequeña	399	282	228
Mediana	228	136	117
Grande	109	58	66

## EVALUACION INTEGRAL DE LAS ESTRATEGIAS TECNOLOGICAS ANALIZADAS

Si se integran los distintos aspectos analizados anteriormente, estableciendo como criterio básico que es necesario priorizar la conservación de los suelos a fin de ayudar a la sostenibilidad de los sistemas, se obtienen los siguientes resultados:

Para la Región 1, en el estrato de fincas pequeñas y medianas, la opción está entre la tecnología de altos insumos y la tecnología apropiada. Al cabo de los diez años, la primera muestra tendencias crecientes en la erosión y decrecientes en los ingresos, por lo que la elección más adecuada parece ser la de la tecnología apropiada. Para las fincas grandes, la opción es simple: aunque ambas tecnologías presentan una erosión nula, la apropiada genera un ingreso neto superior en un 100% al de la tecnología de altos insumos.

En las Regiones 2 y 3 el resultado es similar; en las fincas pequeñas, las tecnologías tradicional y apropiada generan ingresos netos positivos, pero ambas con niveles elevados de erosión; en este caso, se impone trabajar con alternativas de producción diferentes a las consideradas en el trabajo. De todas formas, cabe señalar que la tecnología apropiada mostró mayor sostenibilidad económica en el tiempo que la tecnología tradicional (Figura 30.b). En las fincas medianas, la tecnología tradicional genera niveles aceptables de erosión, pero su ingreso neto es negativo; la tecnología apropiada, por su parte, genera un ingreso neto bastante estable, pero con altos niveles de erosión. En este caso, lo adecuado sería estudiar la introducción de prácticas intensivas de conservación, para ver si pueden reducir la erosión a niveles aceptables, sin afectar demasiado el ingreso neto. En las fincas grandes, la decisión también es simple, pues los niveles bajos de erosión corresponden a las fincas con tecnología tradicional y apropiada, y el ingreso neto generado por las últimas triplica al de las primeras.

En la Región 4, la erosión es elevada en todos los tipos de fincas pequeñas y medianas, y el ingreso neto sólo es positivo en las de tecnología apropiada, pero con una sostenibilidad apenas regular. Obviamente, en estas condiciones también se impone la búsqueda de sistemas de producción alternativos. En las fincas grandes, el nivel de erosión es aceptable y estable, siendo el ingreso neto positivo tanto para la tecnología tradicional como para la apropiada. Sin embargo, la última es superior tanto en valores absolutos como en sostenibilidad (Figura 30.c).

## CONCLUSIONES GENERALES

El estudio realizado indica que bajo los supuestos y condiciones del modelo empleado, la estrategia tecnológica para la región debe establecerse con base en las siguientes consideraciones:

- a) La carga animal en los pastos es crítica para la sostenibilidad del sistema, por lo tanto, para aumentar la producción, debe incrementarse la producción individual y no la carga animal por hectárea.
- b) La producción de alimentos en la finca debe incrementarse sin aumentar el área de cultivos anuales. El mejoramiento de los pastos y la introducción de árboles forrajeros podrían ser alternativas adecuadas para ello.
- c) Es necesario introducir un uso moderado de fertilizantes que permita restituir lo extraído por las cosechas, acompañado de prácticas que eviten la degradación de los suelos.
- d) Deben generarse tecnologías específicas para las diferentes regiones y tipos de finca. Los distintos comportamientos ambientales, productivos y económicos observados en el trabajo muestran la necesidad de generar enfoques flexibles en las técnicas que se promueven.

### Comportamiento económico global de la región, bajo las distintas estrategias tecnológicas

El análisis individual de las fincas permitió una primera aproximación al tema del comportamiento de las distintas estrategias tecnológicas a lo largo del tiempo, bajo diferentes condiciones ambientales y de finca; a continuación, se analizarán conjuntamente los distintos tipos de finca en sus respectivas regiones, con el fin de evaluar el comportamiento global de las cuencas consideradas.

El primer paso del trabajo consistió en establecer la situación global, suponiendo que todas las fincas emplean tecnología tradicional, para luego estudiar qué diferencias surgirían si se llevaran a un sistema de tecnología de altos insumos o a uno de tecnología apropiada.

## TECNOLOGIA TRADICIONAL

Esta situación, que es la que más se asemeja a la condición actual de las áreas estudiadas, se caracteriza por una baja producción promedio anual por hectárea, que apenas alcanza a 41 kg de carne y 142 litros de leche.

La erosión es superior al mínimo aceptable y crece lentamente, de 33 ton/ha. año a 37 ton/ha.año, en promedio, para toda el área considerada; obviamente, es menor en las zonas de poca pendiente y mayor en las de pendientes fuertes.

Las fincas pequeñas generan el 81% de la producción total de leche del área y el 50% de la de granos; las fincas grandes generan el 87% de la producción global de carne. Estos datos ponen de relieve la baja incidencia del estrato de fincas medianas en la producción agropecuaria de la zona.

Desde el punto de vista económico, todas las fincas pequeñas, cualquiera sea la región, tienen un flujo de caja negativo, que explica la necesidad de los propietarios de emplearse fuera de la finca para equilibrar el presupuesto familiar. Este comportamiento se registra en 282 fincas pequeñas, sobre un total de 360 explotaciones consideradas.

La principal fuente de empleo para los pequeños propietarios es el grupo de fincas grandes, cuyos requerimientos anuales alcanzan solamente a 32 puestos de trabajo de jornada completa (ocho horas diarias) o 64 puestos de media jornada o 128 puestos de dos horas diarias, lo que resulta insuficiente para satisfacer los requerimientos de empleo de la zona.

El flujo de caja global del área es positivo en los primeros años, pero se torna negativo a partir del noveno debido, fundamentalmente, al incremento en las compras de harina de algodón y melaza para el ganado, originado en los rendimientos decrecientes de la producción de granos y forraje. Estas cifras significan, simplemente, que los productores deben aumentar sus ingresos o reducir sus gastos; lo primero no es factible porque para ello se requieren inversiones; por lo tanto, la salida es reducir costos directos, o sea, alimento (lo que reduce la producción y el ingreso) o mano de obra contratada, lo que aumenta la necesidad de mano de obra familiar remunerada por debajo del salario corriente y reduce la capacidad de empleo del área.

La situación descrita en el párrafo anterior genera migraciones hacia otras zonas; el fenómeno migratorio resulta aumentado por el crecimiento poblacional, cuya tasa es elevada en El Salvador, y que no ha sido incluido como factor de análisis en el modelo.

Estos resultados ponen en evidencia la magnitud del problema de las zonas de productividad marginal con alta densidad de población y un nivel tecnológico bajo, a la vez que subrayan la necesidad de adoptar medidas para solucionarlo; entre estas medidas se encuentra la adopción de mejoras tecnológicas, aspecto que se analiza en los puntos siguientes.

## TECNOLOGIA DE ALTOS INSUMOS

La alternativa tecnológica más corriente parece ser el empleo de insumos de fuera de la finca para elevar la producción; en el modelo considerado, se adoptó como insumo típico de esta estrategia el uso de fertilizantes comprados.

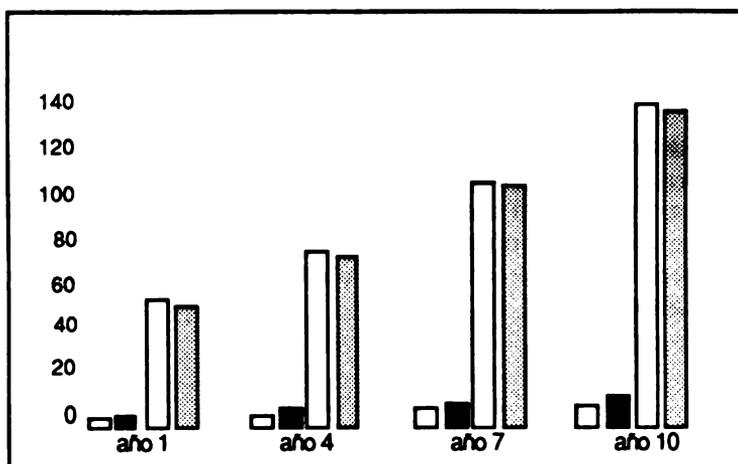
El análisis de las fincas individuales mostró que la aplicación de tal estrategia conduce a resultados muy positivos en los primeros años y a serios problemas ambientales y económicos posteriormente. Sin embargo, se hará una breve caracterización de su aplicación a la totalidad de la cuenca considerada (Cuadro 42 y Figura 31).

Cuadro 42. Variables características globales de los distintos tipos de fincas con tecnología de altos insumos.

Región	Fincas	Número de fincas	Producción de leche (1000 lt)	Producción de carne (ton)	Mano de obra	
					Total (1000 hs)	Contratada (1000 hs)
1	pequeñas	87	563.7	6.	86.8	0.0
	medianas	13	505.4	32.8	29.7	3.7
	grandes	11	0.0	88.6	77.9	56.0
2	pequeñas	14	90.7	1.0	14.0	0.0
	medianas	2	77.8	5.0	4.6	0.6
	grandes	1	0.0	8.0	7.1	5.1
3.	pequeñas	128	881.3	9.5	135.7	0.0
	medianas	19	816.5	52.9	47.9	5.9
	grandes	17	0.0	144.9	127.6	91.6
4	pequeñas	53	285.1	3.1	43.9	0.0
	medianas	8	272.1	17.6	16.0	2.0
	grandes	7	0.0	48.3	42.5	30.5
TOTAL	—	360	3492.7	417.8	633.7	195.2

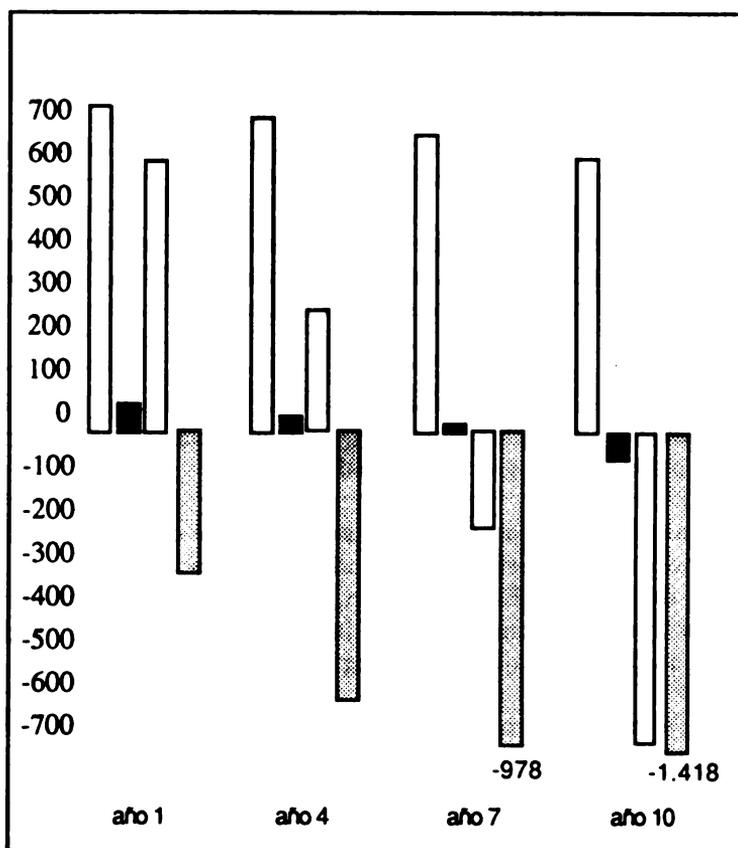
La producción promedio anual de carne por hectárea llega a 119 kg y la de leche a 995 litros, o sea, tres y siete veces superior respectivamente, a la alcanzada con la tecnología tradicional.

La erosión promedio, que inicialmente es de 36 ton/ha.año, o sea muy similar a la generada por la tecnología tradicional, en diez años asciende a 91 ton/ha.año, un promedio anual equivalente a más de medio centímetro de pérdida de espesor del suelo.



En cada año, de izquierda a derecha, regiones 1, 2, 3 y 4.

Figura 31 a: Evolución de la erosión total por regiones (miles ton/año), con tecnología de altos insumos.



En cada año, de izquierda a derecha, regiones 1, 2, 3 y 4.

Figura 31 b: Evolución del flujo de caja global por regiones (miles colones/año), con tecnología de altos insumos.

Acompañando este proceso, aumentan las necesidades de fertilizante; esto, sumado a los altos requerimientos de harina de algodón y melaza, conduce a que al cabo de los diez años, todos los tipos de finca de todas las regiones, con excepción de las pequeñas y medianas de la Región 1 y de las medianas de la Región 3, presenten un flujo de caja negativo.

El flujo de caja global del área sigue un curso similar, y al final del período de estudio, tanto la situación económica de la región como la ambiental se encuentran en peores condiciones que bajo la tecnología tradicional, con las consecuencias consideradas anteriormente.

## TECNOLOGIA APROPIADA

Otra estrategia disponible es la denominada "tecnología apropiada", que consiste en incrementar la producción tratando de modificar el sistema productivo y recurriendo en mínimo grado a los insumos de fuera de la finca.

Bajo esta tecnología, la producción promedio anual por hectárea (en la región) llega a 78 kg de carne y 366 litros de leche, o sea, 2 y 2,5 veces superior a la obtenida con la tecnología tradicional.

La erosión es ligeramente más intensa que bajo la tecnología tradicional y también aumenta lentamente, de 34 ton/ha.año a 47 ton/ha.año como promedio para toda el área, al cabo de los diez años de estudio.

Con esta tecnología, las fincas pequeñas generan el 56% de la producción de leche y el 54% de la de granos, y las fincas grandes, el 74% de la producción de carne, en tanto que las fincas medianas alcanzan un lugar más destacado en la producción regional.

Un aspecto importante es que el flujo de caja de todas las fincas durante todo el período considerado tuvo valores positivos, lo que constituye una mejora significativa con respecto a la tecnología tradicional.

Los requerimientos de mano de obra son mayores que para la tecnología tradicional, alcanzando a 42 puestos de jornada completa, o 84 de media jornada o 168 de un cuarto de jornada. Esta situación, acompañada de un mejor nivel económico en todos los tipos de finca, hace que la situación de ingresos y de empleo sea significativamente mejor que bajo la tecnología tradicional.

Sin embargo, el nivel de erosión anual es superior al de equilibrio con el proceso de formación del suelo, que se degrada lentamente. Como signo de esta tendencia, el flujo de caja global de la región va disminuyendo y suponiendo que no se modifica ningún factor, llega a cero al cabo de 57 años.

Otro aspecto negativo es que a consecuencia de la degradación del suelo, las fincas se vuelven cada vez más dependientes de la harina de algodón y de la melaza para la alimentación animal; esto no sólo afecta el flujo de caja de las explotaciones,

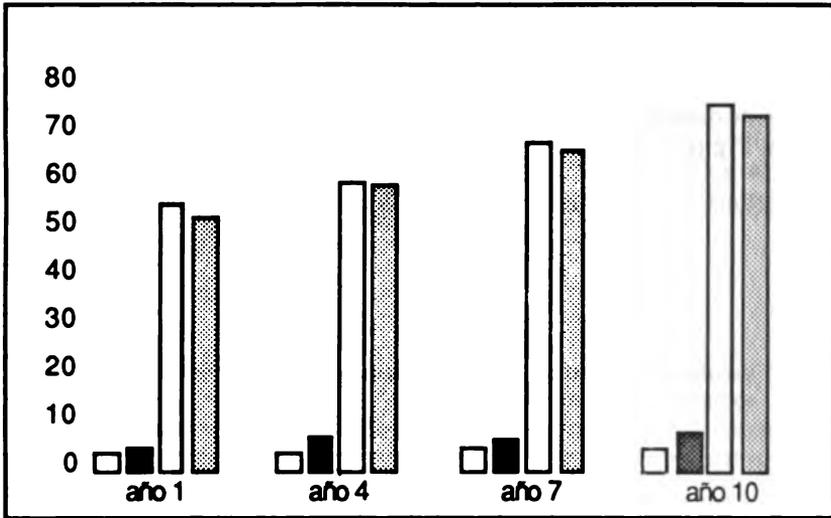
sino que lleva a que toda la economía del área se vuelva más dependiente de insumos provenientes de otras partes del país y esté sujeta a los problemas agrícolas de esas regiones.

De todas formas, la estrategia de tecnología apropiada resulta la más conveniente de entre las consideradas, tal como se expuso previamente y como lo muestran el Cuadro 43 y la Figura 32.

Cuadro 43. Variables características globales de los distintos tipos de fincas con tecnología apropiada.

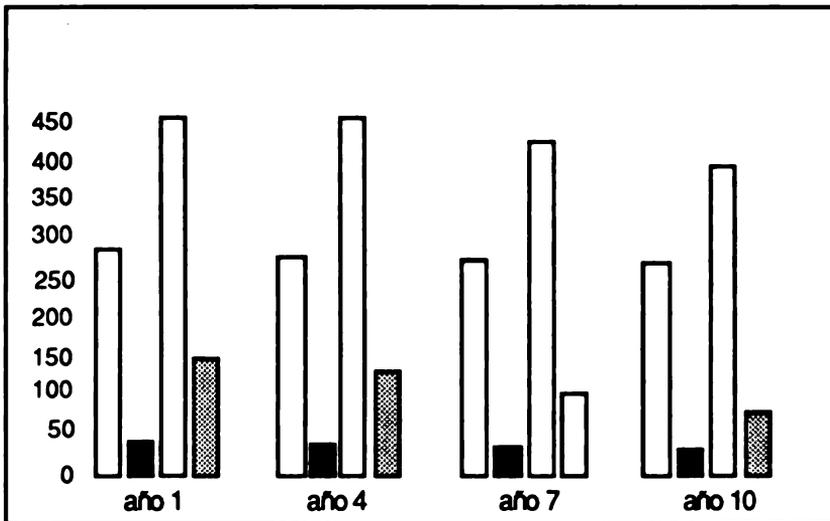
Región	Fincas	Número de fincas	Producción de leche (1000 lt)	Producción de carne (ton)	Mano de obra	
					Total 1000 hs)	Contratada (1000 hs)
1	pequeñas	87	225.5	0.0	49.6	0.0
	medianas	13	168.5	21.8	15.2	0.0
	grandes	11	0.0	61.6	47.5	25.5
2	pequeñas	14	36.3	0.0	8.0	0.0
	medianas	2	25.9	3.4	2.3	0.0
	grandes	1	0.0	5.6	4.3	2.3
3	pequeñas	128	352.5	0.0	77.5	0.0
	medianas	19	272.2	35.3	24.6	0.0
	grandes	17	0.0	100.8	77.7	41.7
4	pequeñas	53	114.0	0.0	25.1	0.0
	medianas	8	90.7	11.8	8.2	0.0
	grandes	7	0.0	33.6	25.9	13.9
TOTAL	—	360	1285.6	273.8	385.9	83.4

Del análisis conjunto de la situación de finca y de la situación global surge la conclusión de que no es aconsejable asumir un esquema de tecnología rígido, sino que debe generarse un sistema flexible, que permita que el extensionista adapte las recomendaciones a las situaciones específicas de ambiente, capacidad económica y actitud cultural de cada una de las fincas.



En cada año, de izquierda a derecha, Regiones, 1, 2, 3 y 4.

Figura 32 a: Evolución de la erosión total por regiones (miles ton/año), con tecnología apropiada.



En cada año, de izquierda a derecha, Regiones 1, 2, 3 y 4.

Figura 32 b: Evolución del flujo de caja global por regiones (miles colones/año), con tecnología apropiada.

## Influencia del régimen de precipitaciones

En los análisis anteriores las precipitaciones fueron consideradas como constantes a través de los años, a fin de detectar con claridad las tendencias ambientales, productivas y económicas de los sistemas, sin la interferencia de los fenómenos climáticos.

Sin embargo, dado que los fenómenos existen y que su influencia en la producción agropecuaria de la zona es importante, se realizó una simulación similar a la primera pero por un período de cinco años, que incluyó una serie de precipitaciones basada en las probabilidades de lluvia del área, en lugar de mantener las lluvias constantes. Los resultados de esta simulación se comparan con los de la de precipitaciones constantes, a fin de analizar el efecto de las lluvias sobre los factores considerados.

Las precipitaciones generadas por el programa para los cinco años (Figura 33) corresponden a los siguientes valores:

- Año 1: 1577 mm canícula intensa.
- Año 2: 1344 mm canícula intensa.
- Año 3: 2099 mm no se produjo canícula.
- Año 4: 1656 mm canícula moderada.
- Año 5: 1388 mm canícula intensa.

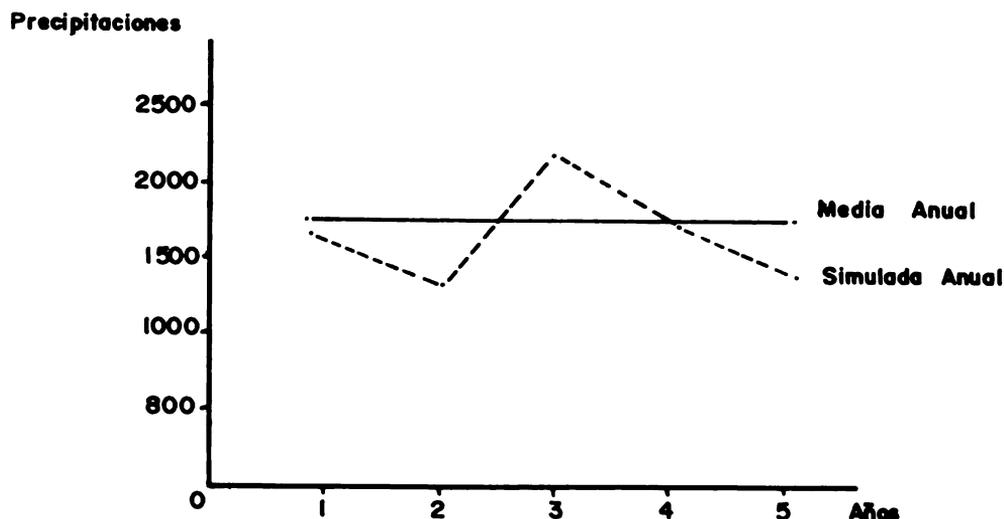


Figura 33: Precipitaciones simuladas en el período de estudio.



El estudio con precipitaciones constantes trabajó con el valor de 1732 mm, correspondiente a la media del área, acompañada siempre de canículas moderadas.

En primer lugar, se consideró el efecto de las lluvias sobre la erosión, a través del factor R de la "Ecuación universal de pérdida de suelos". Los resultados obtenidos (Cuadro 44) muestran claramente la estrecha correlación entre ambas variables.

Cuadro 44. Erosión en los cultivos (ton/ha/año) en las distintas regiones.

Año	Precipitación (mm)	Erosión cultivos (ton/ha/año)			
		Región 1	Región 2	Región 3	Región 4
1	1577	10	115	100	299
2	1344	9	98	86	254
3	2099	14	153	134	398
4	1656	11	120	106	314
5	1388	9	101	88	263

En la erosión de los pastos, la cobertura vegetal incide como variable. La Figura 34 muestra la evolución de la erosión en los pastos a través del tiempo, en fincas de las Regiones 1 y 4, que constituyen los extremos del espectro de erosión del área.

En cuanto a la producción de granos y forraje, la Figura 35 muestra la evolución de estas variables en el tiempo y su dependencia de las precipitaciones.

Dado que la salida de nutrientes del sistema depende del nivel de erosión y del rendimiento de los cultivos, el volumen de fertilizante necesario varía en la misma forma que las precipitaciones, pues cuando éstas son bajas, la erosión y los rendimientos también lo son, reduciéndose así los requerimientos de fertilizante. Este factor sólo es relevante en las fincas que hacen uso del insumo.

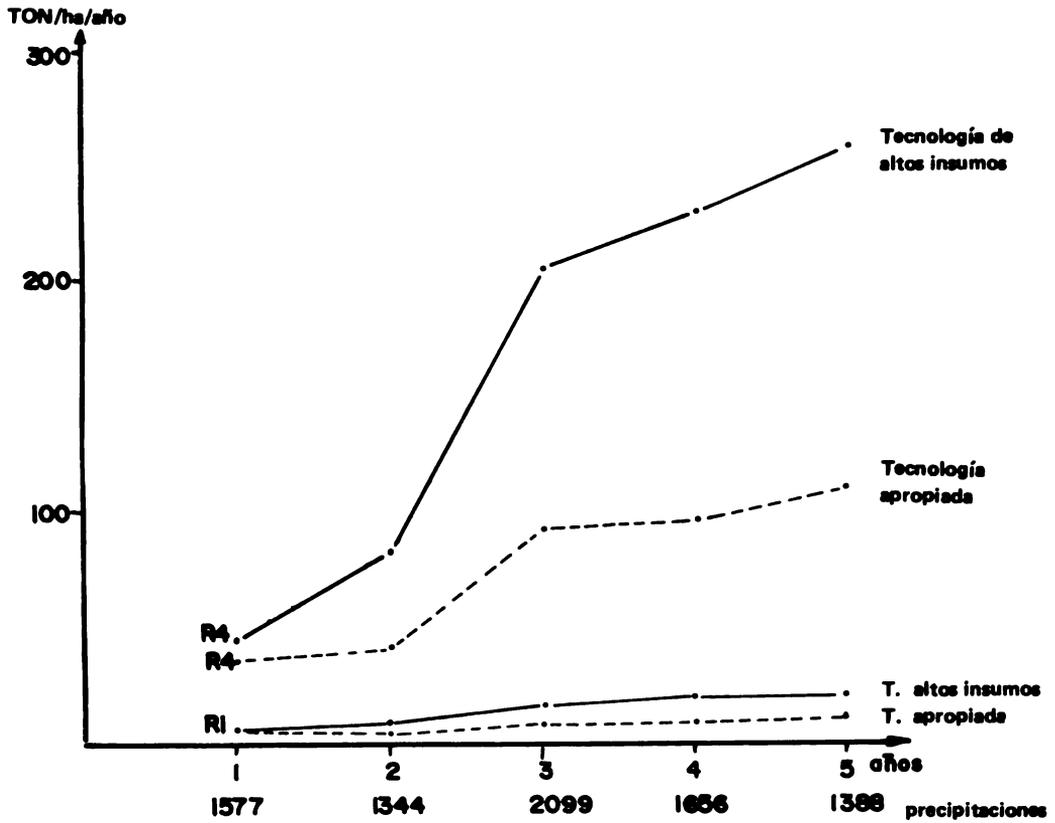


Figura 34: Erosión en pastos de fincas medianas.

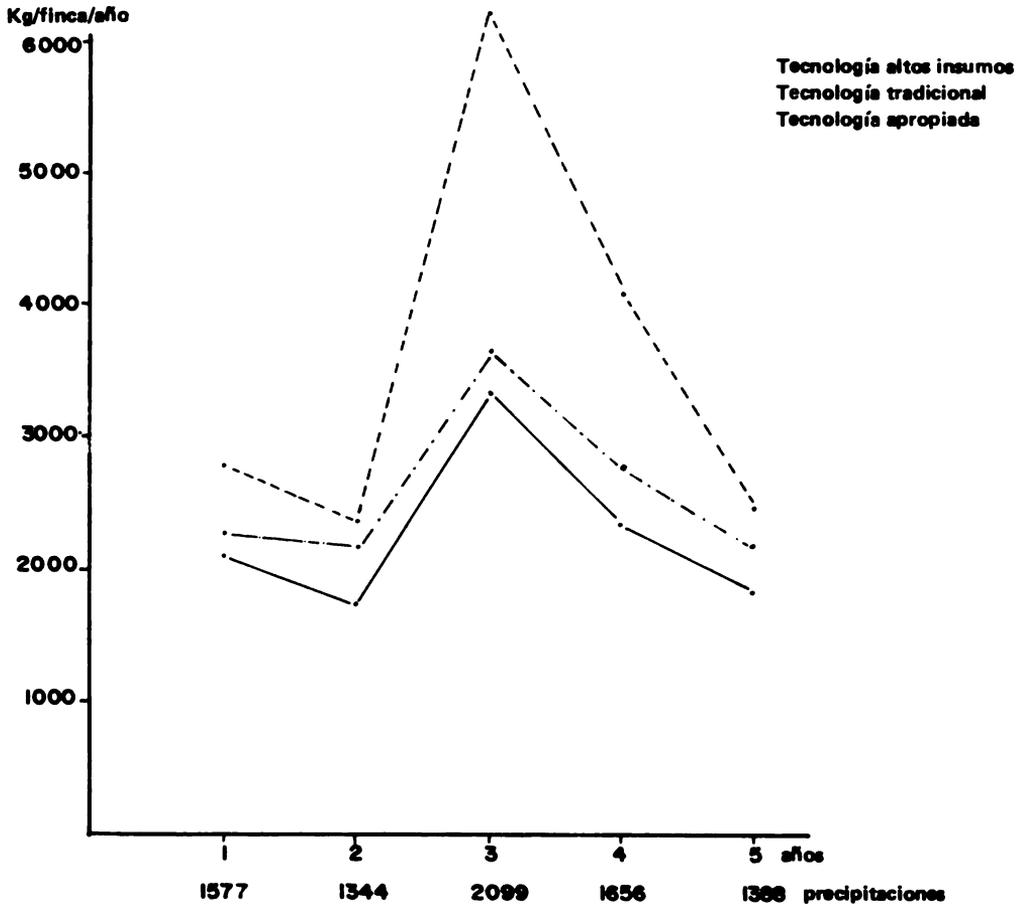


Figura 35a: Producción de granos en fincas pequeñas de la Región 1.

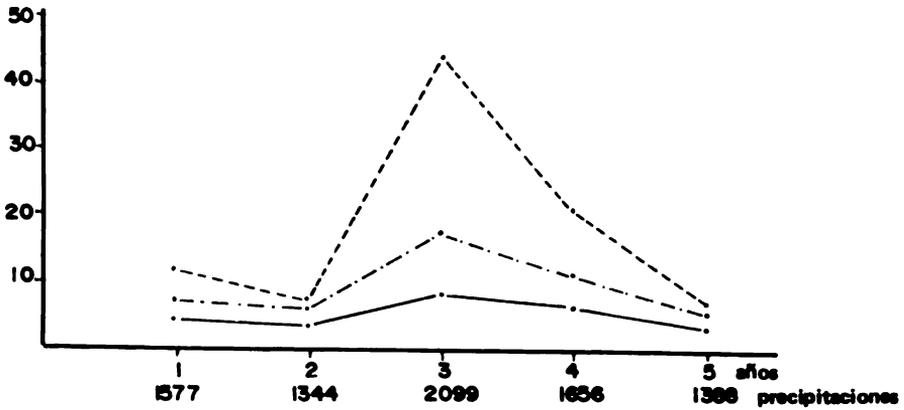


Figura 35b: Producción de forraje en fincas pequeñas de la Región 1.

De lo expuesto en el párrafo anterior se deduce que los requerimientos de harina de algodón y melaza serán mayores en los años de poca lluvia, debiéndose tener presente que el modelo formulado considera la producción pecuaria como fija y que los demás factores deben ajustarse para mantenerla. Los Cuadros 45 y 46 muestran los requerimientos de estos productos para las fincas pequeñas de las Regiones 1 y 4.

Cuadro 45. Gastos anuales en harina de algodón de fincas pequeñas con distinta tecnología, en dos regiones (colonos/finca/año).

	AÑOS				
	1	2	3	4	5
<b>Precipitaciones (mm)</b>	<b>1577</b>	<b>1344</b>	<b>2099</b>	<b>1656</b>	<b>1388</b>
<b>Región 1:</b>					
Tecnología tradicional	241	333	0	178	328
Tecnología altos insumos	780	948	0	396	959
Tecnología apropiada	239	314	0	0	314
<b>Región 4:</b>					
Tecnología tradicional	241	345	15	250	396
Tecnología altos insumos	780	948	0	396	959
Tecnología apropiada	239	335	0	141	436

Cuadro 46. Gastos anuales en melaza de fincas pequeñas con distinta tecnología en dos regiones (colonos/finca/año).

	AÑOS				
	1	2	3	4	5
<b>Precipitaciones (mm)</b>	<b>1577</b>	<b>1344</b>	<b>2099</b>	<b>1656</b>	<b>1388</b>
<b>Región 1:</b>					
Tecnología tradicional	0	44	0	0	38
Tecnología altos insumos	134	260	0	0	272
Tecnología apropiada	0	52	0	0	52
<b>Región 4:</b>					
Tecnología tradicional	0	52	0	0	89
Tecnología altos insumos	134	260	0	0	272
Tecnología apropiada	0	63	0	0	115

**Cuadro 47. Requerimientos de mano de obra contratada en fincas grandes con distinta tecnología (en horas/finca/año).**

	AÑOS				
	1	2	3	4	5
<b>Precipitaciones (mm)</b>	<b>1577</b>	<b>1344</b>	<b>2099</b>	<b>1656</b>	<b>1388</b>
Tecnología tradicional	1422	803	2501	1610	929
Tecnología altos insumos	4421	3272	6424	4769	3506
Tecnología apropiada	1909	1208	3132	2122	1351

Otro factor que resulta afectado por las precipitaciones es la mano de obra; en efecto, cuando llueve poco y los rendimientos de los cultivos disminuyen, los requerimientos de mano de obra contratada también se reducen, principalmente en la cosecha. Este factor tiene especial importancia pues incide tanto en el balance económico individual de las fincas como en las posibilidades de empleo de toda el área (Cuadro 47).

Con respecto al resultado económico de las fincas, debe señalarse que los factores que lo determinan son afectados en distinta forma por el volumen de las precipitaciones. En efecto, en un año de escasas lluvias, hay poca erosión y bajos rendimientos, lo que reduce los gastos de fertilizante y de mano de obra; este efecto es balanceado por el aumento en las compras de alimento debido a que la producción de granos y forraje disminuye. El balance entre ambas tendencias depende del tamaño de las fincas, de su nivel tecnológico y de la región en que se encuentren.

La Figura 36 muestra la evolución del ingreso neto de distintas fincas a lo largo del período de estudio; puede observarse que no hay una relación proporcional entre el resultado económico final y los diferentes niveles de precipitación. Compárense, por ejemplo, los resultados del segundo y del tercer año, en que las lluvias aumentan más del 50% sin que, en general, se produzcan diferencias proporcionales a ese incremento.

Estos resultados indican que, posiblemente, se está sobreestimando la influencia del clima sobre el resultado económico, debido quizás a su visible influencia sobre la producción de los cultivos, la que es extrapolada al resultado económico sin considerar la totalidad de los factores que lo afectan.

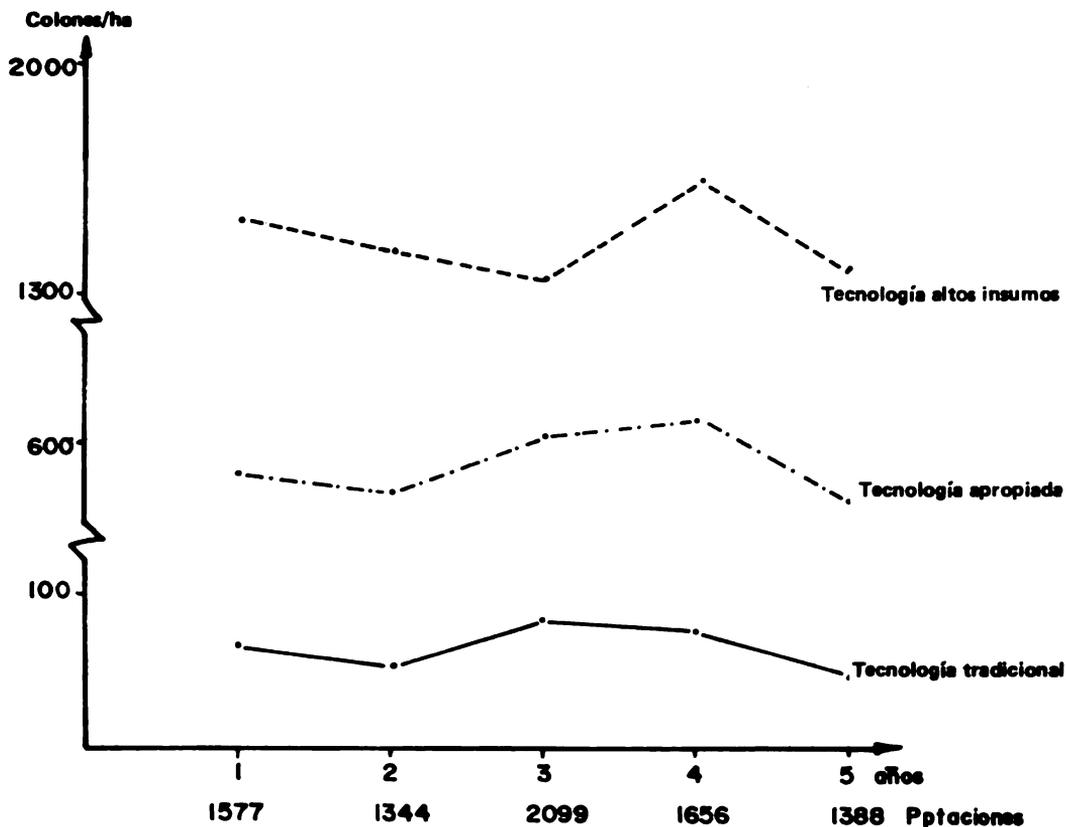


Figura 36: Ingreso neto anual por hectárea en las fincas pequeñas de la Región 1.

### Influencias de la variación de los precios de insumos y productos en el resultado económico de las fincas.

En las simulaciones desarrolladas previamente, los precios se han considerado estables en el tiempo, lo que no sucede bajo las condiciones reales de producción. Para analizar el efecto de las variaciones de los precios de insumos y productos, se programó una simulación, cuyos resultados se presentan a continuación. El régimen de precipitaciones se mantuvo constante para simplificar el análisis de los resultados.

El ajuste de precios de insumos y productos se hizo estudiando las series históricas de precios y determinando sus tendencias. Los coeficientes de regresión obtenidos al ajustar linealmente los valores empleados para determinar las tendencias, fueron los utilizados como coeficientes de ajuste de los precios. Si bien estos no varían linealmente año a año, se consideró que la metodología empleada resultaba adecuada para evaluar el efecto de las tendencias actuales de precios de insumos y productos. Los coeficientes de ajuste anual de precios empleados fueron los siguientes:

leche:	16,7%
carne:	13,6%
mano de obra:	15,7%
harina de algodón:	12,3%
melaza:	12,3%
fertilizantes:	17,9%

La observación de los coeficientes de ajuste presentados permitiría suponer que las fincas cuyo principal producto de venta es la leche y que no emplean fertilizantes serían las más favorecidas por las tendencias de precios, ya que el incremento en el precio del producto es mayor que el aumento en el precio de los insumos. Las fincas cuyo producto principal es la carne estarían en una situación intermedia y las que emplean fertilizantes serían las más perjudicadas, porque uno de sus insumos tiene incrementos de precios superiores a los de los productos. En este último caso, cabría esperar una tendencia compensadora atribuible al menor incremento del precio de los alimentos.

Pero estas consideraciones han omitido un detalle crítico: la degradación ambiental, que hace que a las tendencias crecientes de precios deban sobreimponerse las tendencias crecientes de uso de insumos debidas a la pérdida paulatina de capacidad productiva de los suelos. Como ya se ha visto, estas tendencias dependen de las condiciones ambientales específicas de la finca, representadas en el modelo por las regiones en que fue subdividida el área.

En la Figura 37 se presenta el resultado económico final, en términos del ingreso neto/ha.año de las distintas fincas, a lo largo del período considerado. Bajo las tendencias de precios fijadas, al cabo de diez años, sólo las fincas pequeñas mostraron un comportamiento de ingresos creciente en el tiempo, y esto sólo en las Regiones 1, 2 y 3. En la Región 4, la más desfavorable, ninguna de las fincas mostró un ingreso neto positivo al término del período de análisis. Asimismo, en las Regiones 2 y 3, sólo las fincas pequeñas con tecnología apropiada lograron los resultados citados. En la Región 1, la más favorable, tanto las fincas pequeñas de tecnología apropiada como las de tecnología de altos insumos lograron ingresos netos anuales positivos.

Las razones de estos resultados se encuentran en el hecho de que las explotaciones con tecnología apropiada dependen muy poco de los insumos ajenos a la finca, por lo que los incrementos en precios de fertilizantes y alimentos las afectan en forma mínima, de modo que los aumentos en los ingresos compensan y superan ampliamente el incremento en los gastos y en el consumo familiar.

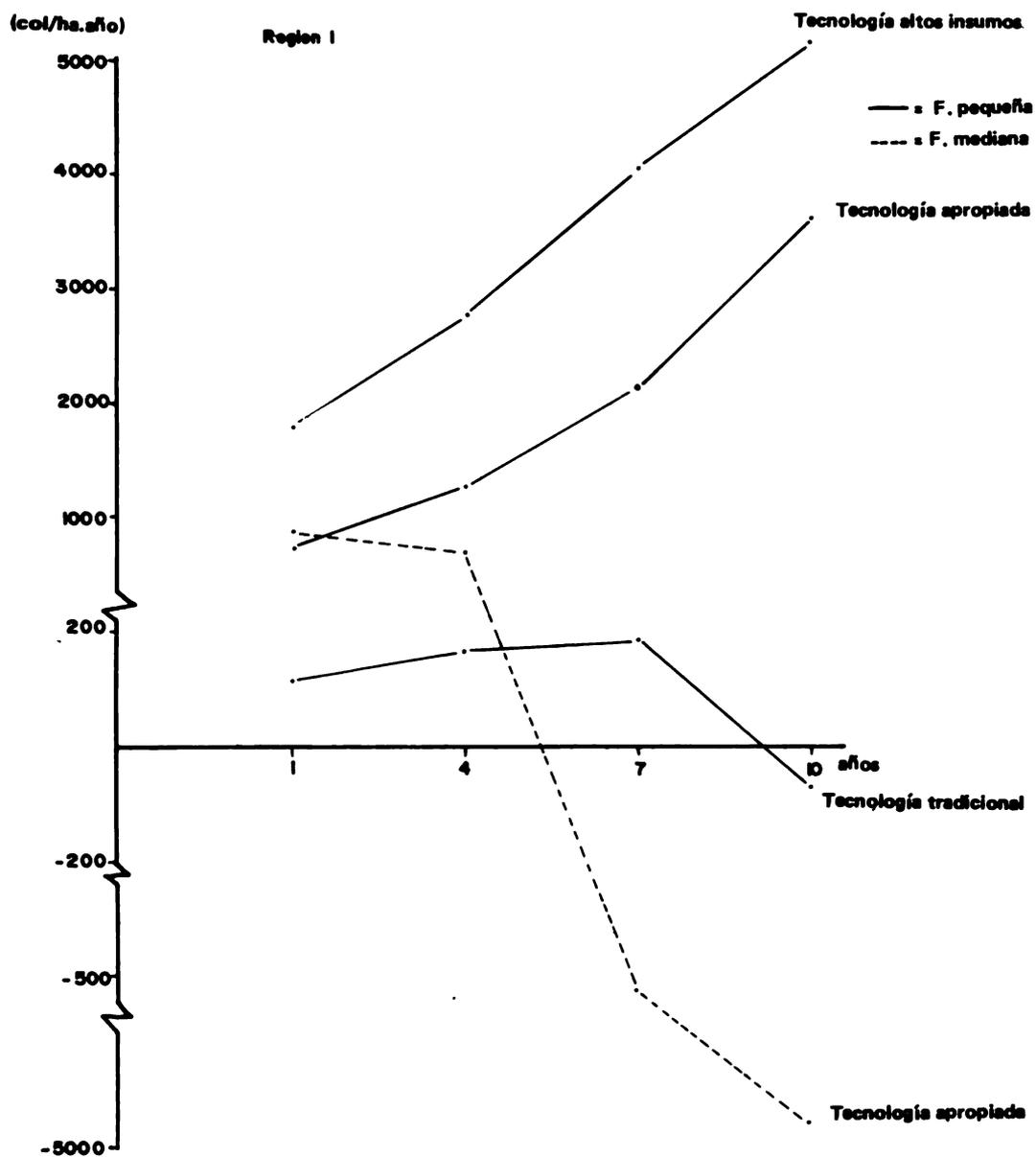
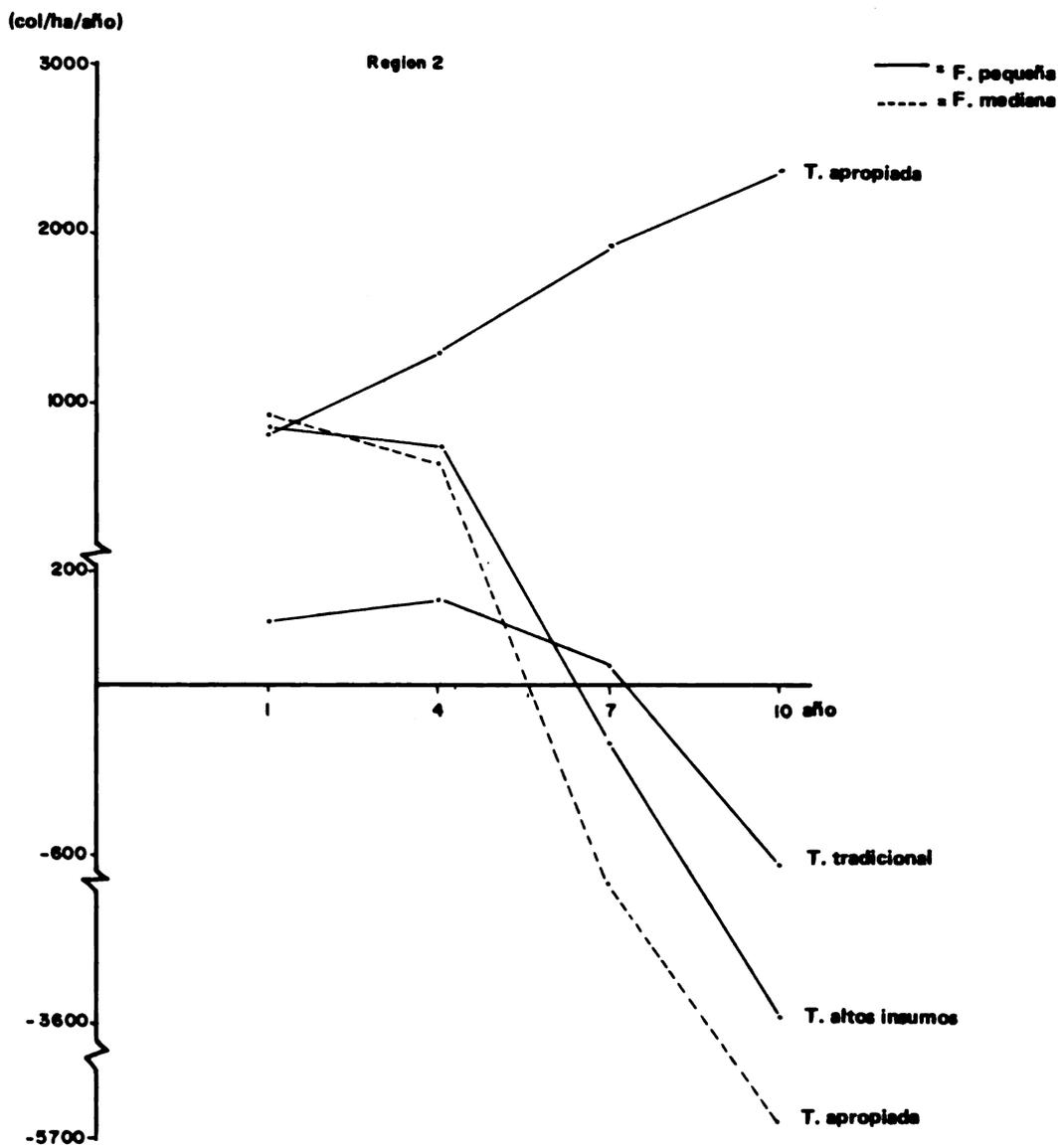
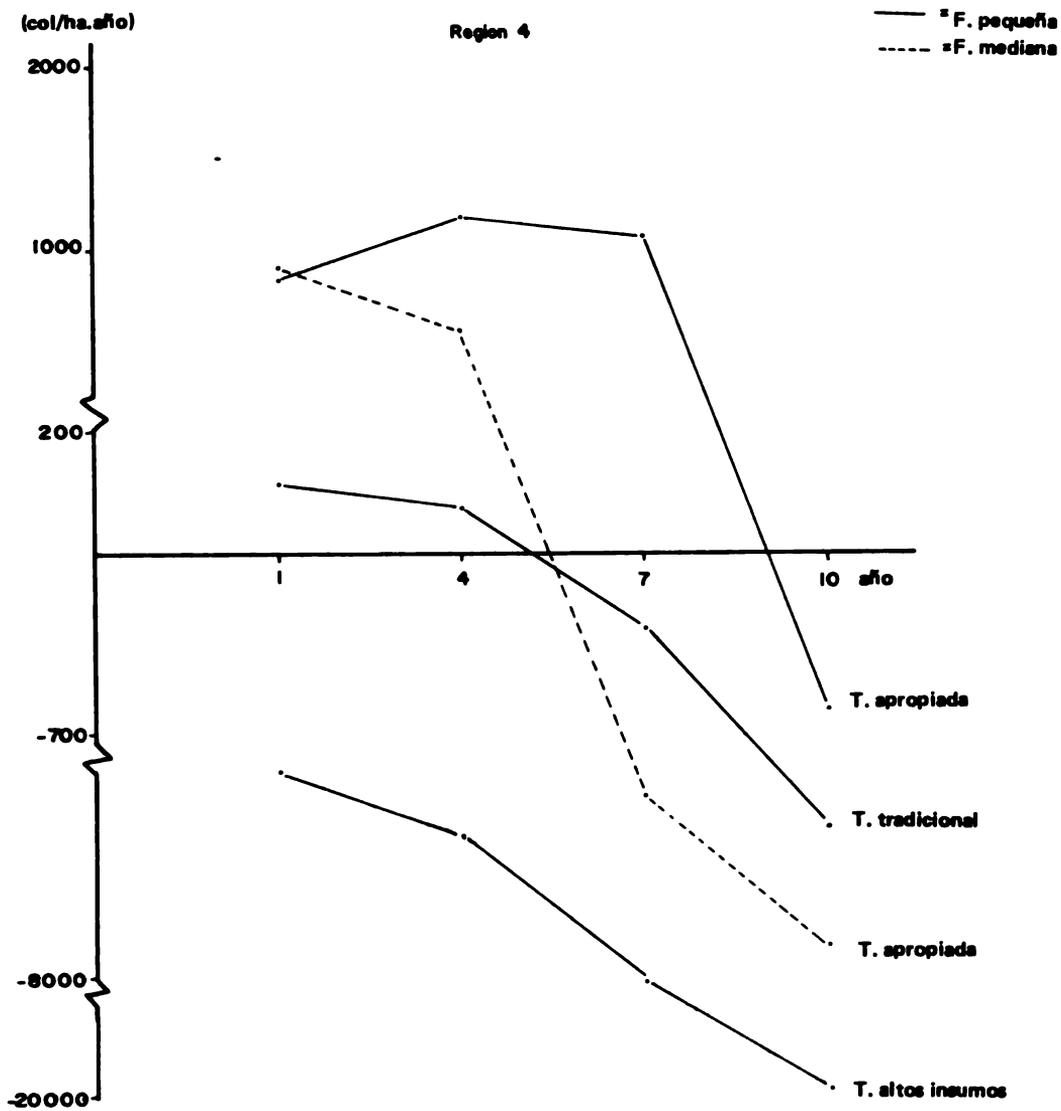


Figura 37: Evolución del ingreso neto anual por hectárea en fincas de distintas regiones, con ajuste de precios.





A medida que se pasa a zonas de ambiente menos favorable, el uso de insumos ajenos a la finca aumenta, lo que hace disminuir el ingreso neto hasta volverlo negativo en la región más desfavorable.

Algo similar ocurre con las fincas de tecnología de altos insumos, que en la región más favorable (Región 1) no deben aumentarlos en forma significativa, lo que les permite aprovechar las tendencias de precios favorables, pero en regiones de ambiente más adverso, estas circunstancias se invierten y los ingresos se vuelven negativos.

Es preciso destacar la importancia del análisis de las tendencias de precios, que aunque no se diferencien mucho entre sí, a lo largo del tiempo y sobreimpuestas a las tendencias generadas por los efectos ambientales, introducen modificaciones significativas en el análisis general de la situación. Cabe destacar, también, que la estrategia tecnológica más segura desde el punto de vista de las tendencias de precios es la de reducir la dependencia de las fincas con respecto a los insumos adquiridos. Esta última conclusión resulta aún más válida en los casos en los que los productores no tienen ninguna influencia sobre las tendencias de los precios, como sucede en las zonas de producción marginales.

#### **Efecto de la redistribución de la tierra (hipotética) sobre el comportamiento ambiental y económico del área**

Con frecuencia se afirma que los problemas que aquejan a los productores agrícolas dependen exclusivamente de la distribución de la tierra y que la redistribución del recurso sería suficiente para resolverlos.

A fin de estudiar la validez de este planteamiento, se efectuaron tres simulaciones con las siguientes características:

- a) suponiendo que toda el área se subdivide en parcelas de 10 ha, conducidas con la estrategia de tecnología apropiada.
- b) suponiendo que, con base en los datos de erosión, la Región 1 se parcela en unidades de 10 ha y las otras en unidades de 65 ha, y que todas las fincas se conducen con tecnología apropiada.
- c) suponiendo una redistribución similar a b) pero donde las fincas de la Región 1 se conducen con tecnología de altos insumos y las restantes con tecnología apropiada.

Todas las simulaciones se efectuaron con régimen de lluvias y precios constantes, y al seleccionar las estrategias tecnológicas que se emplearían, se escogieron las que habían mostrado mejores resultados en los análisis ya realizados.

En la selección del tamaño de las parcelas se tuvo en cuenta el nivel de erosión generado por ellas, en particular en las simulaciones b) y c). No se hicieron estudios de optimización de superficie de fincas, sino que se trabajó directamente con las superficies consideradas inicialmente en el modelo, lo que constituye una limitación del análisis.

## **DISTRIBUCION UNIFORME EN PARCELAS DE DIEZ HECTAREAS ("A")**

Los resultados productivos aparecen como muy buenos, ya que la producción promedio anual por hectárea alcanza los 168 kg de carne y los 1295 litros de leche, con un flujo de caja positivo en todas las regiones durante todo el período de análisis.

Sin embargo, los niveles de erosión son también muy altos; comienzan con un valor promedio para el área de 40 ton/ha.año y alcanzan al final del período un valor de 111 ton/ha.año. Tanto el valor inicial como el final se encuentran muy por encima de los valores aceptables para una alternativa sostenible.

Este nivel de erosión hace que, asumiendo una disminución lineal de los valores de la variable, el flujo de caja global del área se vuelva negativo a partir del año 65. Obviamente, las regiones más desfavorables entran en valores negativos desde mucho antes; la Región 4, por ejemplo, lo hace a los 37 años. La Región 1, en cambio, mantiene valores positivos hasta el año 100.

Otro aspecto a destacar en esta alternativa es que los requerimientos de mano de obra contratada son nulos. Sin embargo, el total de fincas generado por la redistribución (351) es muy similar al número actual (360).

## **DISTRIBUCION EN PARCELAS DE DISTINTO TAMAÑO, CON TECNOLOGIA UNIFORME ("B")**

La redistribución planteada en esta caso implica que mientras las fincas de la Región 1 producen leche como principal producto de venta, las de las otras regiones producen solamente carne. Las producciones promedio anuales por hectárea son de 113 kg de carne y de 406 litros de leche.

La erosión es mucho menor que en el caso anterior, con valores iniciales y finales de 22 y 25 ton/ha.año, respectivamente.

Sin embargo, la menor productividad hace que el flujo de caja global del área sea también mucho menor, lo que unido al efecto negativo de la erosión, lo vuelve negativo al cabo de 79 años, con valores extremos de 22 y 100 años para las Regiones 4 y 1, respectivamente.

El total de fincas resultante de la redistribución es 148 y el requerimiento de mano de obra equivale a 44 puestos de trabajo de jornada completa. Estas cifras indican que la alternativa es insuficiente para dar empleo a todos los habitantes del área.

## **DISTRIBUCION EN PARCELAS DE DISTINTO TAMAÑO, CON TECNOLOGIA DIFERENCIADA POR REGIONES ("C")**

Esta alternativa procura lograr mayor productividad en la zona más favorable (Región 1), a fin de aumentar los requerimientos de mano de obra y extender el período de resultados económicos favorables, manteniendo la erosión en niveles aceptables.

Los resultados obtenidos muestran una mayor producción promedio anual por hectárea, que alcanzó a 140 kg de carne y 1218 litros de leche, resultados muy similares a los obtenidos con la primera alternativa.

La erosión es ligeramente mayor que en la alternativa anterior, con valores iniciales y finales de 23 y 28 ton/ha.año, respectivamente.

Sin embargo, el incremento en los requerimientos de mano de obra fue de sólo un 38%, aumentando a 59 las posibilidades de puestos de empleo de jornada completa, lo que sigue siendo insuficiente para las necesidades del área.

El objetivo de extender el período de resultados económicos positivos no se alcanzó, porque el flujo global de caja del área se vuelve negativo en el año 63 debido, principalmente, a que el período con estas características en la Región 1 se redujo de 100 a 66 años.

## CONCLUSIONES

El Cuadro 48 muestra los resultados de las tres alternativas simuladas; de la observación de los mismos se desprende que ninguna de ellas resuelve los problemas del área, ya que ninguna aparece como realmente sostenible en el tiempo. Aquellas que resuelven los problemas de empleo e ingresos generan niveles inaceptables de erosión, y las que degradan el ambiente en proporciones relativamente aceptables, no son capaces de generar suficiente empleo.

Cuadro 48. Resultados de tres alternativas hipotéticas de redistribución de la tierra. Datos globales del área en estudio. (3512 ha).

	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
producción de carne (ton)	590	398	490
producción de leche (1000 l)	4549	1426	4277
mano de obra total (1000 hs)	411	293	415
mano de obra contratada (1000 hs)	0	88	119
Total de fincas	351	148	148

Alt. 1: Redistribución del área en parcelas de 10 ha, todas con tecnología apropiada.

Alt. 2: Redistribución de la Región 1 en parcelas de 10 ha y de las restantes regiones en parcelas de 65 ha, todas con tecnología apropiada.

Alt. 3: Redistribución igual a la Alt. 2, pero con tecnología de altos insumos en la Región 1 y tecnología apropiada en las otras.

Por otra parte, resulta evidente que las alternativas de ejecución relativamente simple (subdividir por igual) generan problemas ambientales fuertes al ignorar las características propias de cada región. Por su parte, las alternativas más favorables desde el punto de vista ambiental son de ejecución difícil, ya que implican tareas complejas no sólo desde el punto de vista técnico-productivo (actividades de extensión diferenciadas por regiones, usos restringidos en las regiones de pendientes fuertes y otras), sino también desde la perspectiva sociocultural (fusión de pequeñas fincas para formar unidades mayores, sistemas de producción permitidos y no permitidos en zonas muy cercanas y otros).

Obviamente, las simulaciones realizadas no agotan las alternativas existentes para el área considerada ni mucho menos, pero sí señalan que la tarea es compleja y que las alternativas que se elaboren para esta zona deben someterse a distintos análisis, tales como los presentados, antes de ser aceptadas como buenas.



## CONCLUSIONES ACERCA DEL TECHO PRODUCTIVO DEL AREA

Los estudios realizados previamente en la región permiten concluir que el techo productivo del área está limitado por factores ambientales y socioeconómicos. Entre los primeros, el más importante es la erosión de los suelos, que reconoce sus causas en el régimen de precipitaciones, en los suelos mismos, en la pendiente del terreno y en los sistemas de producción empleados. Entre los segundos, se destacan la alta densidad de población, la distribución de la tierra y el nivel tecnológico de la producción agraria.

Las simulaciones presentadas en este trabajo permitieron detectar una serie de comportamientos propios del área estudiada, que pueden resumirse así:

- a) el régimen de precipitaciones es determinante de la producción agrícola y de la erosión, pero su influencia es menos relevante en cuanto al resultado económico de las fincas del área.
- b) la erosión de los suelos es el principal factor limitante de la sostenibilidad de los sistemas existentes y propuestos. En efecto, niveles de erosión crecientes, cualquiera sea su magnitud, terminan por comprometer económica y ambientalmente cualquier alternativa, por más promisorio que pudiera parecer. La consideración de este aspecto es primordial en cualquier estudio sobre posibles sistemas de producción aplicables al área.
- c) es necesario considerar las tendencias de los precios de insumos y productos en el diseño de sistemas de producción para el área. Los estudios han mostrado que pequeñas diferencias en las tendencias de los precios, con el correr el tiempo tienen influencias marcadas, llegando a invalidar o a destacar, según el caso, las distintas alternativas de producción.
- d) el actual nivel tecnológico de la producción agropecuaria de la región es insuficiente para asegurar el éxito y la sostenibilidad de los sistemas de producción vigentes. Más aún, las tendencias obtenidas muestran que bajo las actuales condiciones técnicas y productivas, la situación del área tiende a empeorar a medida que transcurre el tiempo.
- e) la estrategia de promoción de una tecnología de altos insumos como medio para elevar la producción, mejorar la rentabilidad y aumentar los requerimientos de empleo, no es adecuada para el área en estudio. Esta tecnología implica una intensificación del uso de la tierra que se traduce en niveles elevados de erosión de los suelos, lo que hace que el resultado económico de las fincas se vuelva muy negativo luego de un comienzo promisorio, con el agregado indeseable de un fuerte deterioro ambiental.
- f) la estrategia de promoción de la denominada "tecnología apropiada" resulta ser la mejor entre las consideradas en este trabajo, pues une resultados económicos favorables de mayor magnitud y persistencia que la tecnología tradicional con niveles de erosión muy inferiores a los de la tecnología de altos insumos. Esta resultó ser la única estrategia tecnológica apta para todos los tipos de finca de todas las regiones en que fue subdividida

el área. Sin embargo, debe consignarse que las técnicas consideradas en el modelo para este tipo de tecnología resultaron en niveles de erosión crecientes, lo que conduce, en el tiempo, a la anulación de los resultados económicos positivos y a la invalidación de la alternativa. De todas formas, parecería que buena parte de los posibles caminos a seguir pasan por este tipo de tecnología.

- g) los análisis realizados en cuanto a una posible redistribución de la tierra como solución alternativa para el área, mostraron que soluciones de este tipo tomadas sin mayores consideraciones técnicas y ambientales, tales como la simple subdivisión de las tierras, conducen a problemas ambientales graves a corto plazo, los que se traducen en algún momento en problemas económicos insolubles. Alternativas mejor estructuradas técnica y ambientalmente presentaron dificultades de ejecución, debido a problemas socio-culturales y a que no resuelven definitivamente los problemas del área. El estudio realizado es muy preliminar, pero indica algunos puntos a tener en cuenta en la consideración de este tipo de alternativas.

El Cuadro 49 resume los principales resultados obtenidos en las simulaciones realizadas y permite comparar algunas de las alternativas incluidas. La información que contiene respalda las conclusiones expuestas.

Cuadro 49. Resumen general y datos globales del área (3512 ha)

	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5	Alt. 6
número de fincas	360	360	360	351	148	148
producción de leche (ton)	144	418	274	590	398	490
producción de leche (1000 lt)	498	3493	1286	4549	1426	4277
mano de obra total (1000 hs)	393	634	366	411	293	415
mano de obra familiar (1000 hs)	329	439	283	411	205	296
mano de obra contratada (1000 hs)	64	195	83	0	88	119
ingreso bruto (1000 ¢)	858	4537	1970	6023	2420	5502
año en que el flujo de caja se vuelve negativo	9	6	57	65	79	63

Alt. 1: Distribución actual, tecnología tradicional

Alt. 2: Distribución actual, tecnología altos insumos

Alt. 3: Distribución actual, tecnología apropiada

Alt. 4: Redistribución "A", tecnología apropiada

Alt. 5: Redistribución "B", tecnología apropiada

Alt. 6: Redistribución "C", tecnología apropiada y de altos insumos según regiones

\* Datos constantes en el tiempo.

En síntesis, puede decirse que hasta el punto al que se ha llegado en este trabajo, la capacidad productiva del área es insuficiente para llenar los requerimientos de sus habitantes y que este desbalance genera problemas ambientales y de insatisfacción de las necesidades humanas básicas.

Pese a no haber identificado alternativas de solución para la zona, el trabajo permitió identificar algunas líneas de trabajo promisorias en ese sentido; entre ellas, pueden citarse las siguientes:

- a) incremento de la producción individual de los cultivos y del ganado por la vía de mayores rendimientos unitarios y no de la intensificación del uso de la tierra.
- b) optimización del uso de la tierra en las fincas, buscando las combinaciones de pastos y cultivos que satisfagan más balanceadamente los requerimientos alimenticios del hato.
- c) adopción de prácticas de conservación de suelos en acuerdo con los trabajos mencionados en b), a fin de limitar la erosión a niveles aceptables.
- d) desarrollo de técnicas que permitan la producción de recursos en la finca sin intensificar el uso de la tierra, como por ejemplo, la introducción de árboles forrajeros, de pastos de corte, de reservorios de agua para riego de pequeñas parcelas, etc.

Con seguridad las líneas de trabajo propuestas no agotan las posibilidades existentes ni garantizan una solución exitosa para los problemas del área, pero también es indiscutible que el simple devenir del tiempo no traerá consigo esas soluciones.

## MEJORAS AL MODELO PROPUESTAS

Dado que el modelo de simulación constituye la herramienta básica en el estudio realizado, las mejoras que puedan hacerse aumentarán su capacidad analítica y predictiva. El estudio detallado en las páginas anteriores permitió detectar en él una serie de aspectos mejorables, los que se presentan a continuación con el objeto de servir de guía a futuras reformulaciones del mismo.

En general, las mejoras que pueden introducirse en el modelo pertenecen a uno de estos dos grupos: mejoras en la información que recibe y mejoras en su estructura.

### MEJORAS EN LA INFORMACION QUE EMPLEA EL MODELO

Tal como se ha visto en la descripción del modelo, muchas de las interacciones y funciones que lo componen han sido establecidas con base en información que no es de la región ni de regiones similares o que pertenece a una escala muy distinta a la utilizada por él. Un ejemplo del primer caso es la información sobre los requerimientos alimenticios del hato, mientras que el uso de la distribución promedio de la tierra de El Salvador como propia de la cuenca de los ríos Las Garzas y San Juan es un ejemplo del segundo.

En general, no fue fácil obtener la información tanto a nivel nacional como regional o de finca, con la excepción obvia de la generada por el proyecto "Sistemas de producción para fincas pequeñas" en el que se inscribe este trabajo.

Los aspectos que presentan deficiencias de información importantes son los siguientes:

- a) suelos, en lo que hace a clasificación, propiedades físicas y químicas y fertilidad.
- b) erosión de los suelos, en todos sus aspectos cuantitativos.
- c) distribución de la tierra o sea, información catastral.
- d) rendimientos de los distintos cultivos, tanto en las fincas como en condiciones experimentales.
- e) productividad de los pastos.
- f) requerimientos nutricionales del ganado de la región.
- g) capacidad productiva del ganado, bajo distintas condiciones de manejo y/o alimentación.
- h) valor alimenticio de los productos empleados normalmente en las fincas.
- i) series de precios de insumos y productos.

Además, la información escrita de que se dispone es muy general, lo que dificulta significativamente los trabajos de semidetalle, como el que se presenta en este documento.

Una tarea importante que debería realizarse es recopilar toda la información disponible sobre la producción agraria del país, cualquiera sea su tipo o nivel, y publicar la bibliografía correspondiente, a fin de facilitar la búsqueda de ese material, escaso y disperso, pero imprescindible para este tipo de trabajos.

## MEJORAS EN LA ESTRUCTURA DEL MODELO

En este aspecto, las mejoras a introducir abarcan tres áreas: estructura general, factores considerados e interacciones entre factores y/o procesos.

Con respecto a la estructura general, se podrían introducir las siguientes modificaciones:

- a) que el modelo no sea fijo en cuanto a los niveles de producción animal (leche y carne), sino en cuanto al flujo de caja; es decir, que los distintos gastos que puedan realizar en alimentos, fertilizantes, etc., estén relacionados con la disponibilidad de fondos. Esta concepción obligaría a replantear una buena parte del modelo, pero posiblemente representaría mejor la realidad de los productores.
- b) independizar aún más el análisis de finca del análisis regional, a fin de que el modelo pueda ser empleado tanto para estudios específicos de finca (optimización, nuevas alternativas, etc.), como para estudios regionales o para análisis simultáneos de los dos niveles y sus interacciones, tal como el que se ha hecho en este trabajo.
- c) flexibilizar los intervalos de tiempo mínimos considerados. En su estructura actual, el modelo trabaja en ciclos anuales, lo que es apto para análisis a mediano plazo pero resulta poco útil para estudios en detalle. Sería muy interesante desarrollar el modelo de modo que pueda realizar análisis con base en períodos mensuales, ya que esto le abriría un mayor campo de uso.
- d) procurar una mayor interacción entre el programa y el usuario, en el sentido de que este pueda "dialogar" con el programa. Esto complicaría en cierto grado la programación, pero abriría la posibilidad de su empleo a una mayor cantidad de gente. Una de las aplicaciones interesantes que podrían lograrse en este sentido es la de formular "juegos de simulación", en los que agentes de extensión, por ejemplo, podrían probar los efectos de las técnicas que proponen y las ventajas y dificultades que ellas generan.

A nivel de los factores incluidos en el modelo, se hacen las siguientes sugerencias:

- a) cambiar la forma de expresar los requerimientos alimenticios del hato y el valor nutritivo de los alimentos, empleando "Total de nutrientes digesti-

bles” (TND) en lugar de “Energía digestible” y “Energía metabolizable”, porque hay más información local disponible en términos de la primera.

- b) incluir un término de requerimientos de energía y proteína del hato por traslado de los animales, pues las distintas observaciones realizadas indican, que bajo las condiciones de ganadería extensiva de Centroamérica, los animales caminan largos trayectos todos los días, lo que influye significativamente sobre sus requerimientos alimenticios.
- c) incluir una posible venta del exceso de granos de la finca, cuando esto ocurra, en los años favorables, o preveer al menos su almacenaje para años menos favorables.
- d) incluir las prácticas de conservación de suelos como un factor de mayores costos y también como un medio para reducir la erosión y las pérdidas de nutrientes asociadas a ella.
- e) considerar el consumo familiar de productos de la finca en términos físicos, incluyendo la competencia entre la familia y el hato por los granos en los años desfavorables.

En cuanto a interacciones se refiere, las siguientes modificaciones parecen ser las más necesarias:

- a) incluir una autoalimentación en los procesos de erosión de los cultivos. El modelo calcula la erosión anual de los cultivos como constante en todos los terrenos si las precipitaciones también lo son, cuando en realidad, un terreno ya erosionado se erosiona con mayor velocidad que otro similar que no lo está. Esta interacción posiblemente sea significativa en sitios donde los niveles de erosión son elevados.
- b) incluir el efecto de la erosión sobre la cobertura en los pastos. Actualmente, el modelo incluye el efecto de la cobertura sobre la erosión, pero no el de ésta sobre aquella.
- c) mejorar la simulación de la dinámica de los pastos, que en el estado actual de desarrollo del modelo aparece como dependiente sólo de la carga animal. Este aspecto debería ser estudiado más a fondo, a fin de ratificarlo en su estado actual o incorporar las modificaciones que fuesen necesarias.
- d) incluir las caídas de rendimiento por pérdida de fertilidad en las correcciones a los requerimientos de mano de obra de los cultivos, actualmente, esta corrección se calcula sólo en función de las precipitaciones como factor determinante de los rendimientos.
- e) independizar el efecto de la canícula del total de precipitaciones del año. Ello requeriría generar la función de probabilidad de las canículas en forma independiente a la de las precipitaciones, tal como parece ocurrir en la realidad.

### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AVILA, M.; CASTILLO, J.R.; SORTO, A. 1983. Caracterización de los sistemas de producción bovina en el área de Morazán. San Salvador, El Salvador, MAG—CATIE/BID. 12 p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1984.- Caracterización ambiental y de los principales sistemas de cultivo en fincas pequeñas de Jocoro, El Salvador. Turrialba, Costa Rica, 96 p.
- CHURCH, D.C. 1977. Livestock feeds and feeding. Corvallis, Oregon, EEUU, O&B Books. 349 p.
- DOUROJEANNI, M.J. 1982. Recursos naturales y desarrollo en America Latina y el Caribe. Lima, Perú, Univ. de Lima. 437 p.
- EL SALVADOR. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1960. Levantamiento general de suelos; Cuadrante 2556 I Jocoro. San Salvador, El Salv. (Escala 1:50.000)
- FASSBENDER, H.W. 1984 c1975 Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA. 398 p.
- FOX, R.L.; HASHIMOTO, R.K.; THOMPSON, J.R.; PEÑA, R.S. 1974. Comparative external phosphorous requirements of plants growing in tropical soils. Moscu, Tenth International Congress of Soil Science, v. 4 p. 232-239.
- GUZMAN LOPEZ, G.T. 1979. The summer "canicula" in El Salvador and its effects on the agriculture. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 5 p. (mineografiado).
- HANCOCK, J.K.; HILL, R.W.; HARGREAVES, G.H. 1978. Precipitation probability, climate and agricultural potential for El Salvador. Utah, Utah State University. s.p.
- MC.DOWELL, L.R.; CONRAD, J.; THOMAS, J.; HARRIS, L. 1974. Latin American tables of feed composition. Gainesville, Fla., University of Florida. 509 p.
- NACIONES UNIDAS. COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE. 1985. Estudio económico de América Latina y el Caribe, 1983. Santiago, Chile, CEPAL. v. 1. 694 p.
- ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS. 1979. Employment and labor force in Latin America: a review at national and regional levels. Ed. by J.J. Buttari. s.l., Programa de Estudios Conjuntos sobre Integración Económica Latinoamericana (ECIEL). 312 p.

- ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS. 1974. El Salvador: zonificación agrícola; Fase I. Washington, EEUU. 2 v.**
- ORGANIZACION DE LOS ESTADOS AMERICANOS. 1977. El Salvador: zonificación agrícola; Fase II, Sistemas de información para el desarrollo. Washington, EEUU. 294 p.**
- QUIROGA, V. 1977. Manual para estimar parámetros de seis modelos aplicado a fenómenos sociales, económicos y biológicos. San José, Costa Rica, IICA. 36 p. (Serie Publicaciones Misceláneas No. 145).**
- RODRIGUEZ SANDOVAL, R. 1984. Adopción de recomendaciones técnicas en granos básicos y su efecto en el manejo e ingreso de pequeñas fincas en El Salvador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 201 p.**
- SANCHEZ, P. 1981 c1976. Suelos del trópico, características y manejo. San José, Costa Rica, IICA. 634 p.**
- SCHWERDTFEGER, W. (ed) 1976. Climates of Central and South America. Amsterdam, Elsevier, 532 p. (World Survey of Climatology, v. 12).**
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning. Washington, US. Department of Agriculture, Agriculture Handbook no. 537. 58 p.**

## ANEXO 1

### LISTADO DEL PROGRAMA DE COMPUTO DEL MODELO

El programa de cómputo del modelo empleado, cuyo listado se incluye a continuación, ha sido estructurado de la siguiente forma:

- a) Listado y ubicación en el programa de la línea inicial de cada una de las partes principales. (Líneas 10 a 98).
- b) Se definen las matrices que almacenarán los resultados de los cálculos efectuados por el programa. (Líneas 111 a 115).
- c) Se definen y llenan las matrices que contienen la información sobre distribución de fincas por regiones (FINCAS) y sobre suelos y cobertura vegetal (SUELO). (Líneas 120 a 370).

La matriz de fincas se llena por medio de una estructura READ-DATA; hay cuatro sentencias DATA, de modo que se asigna una por región. Dentro de cada sentencia, los datos se ordenan en tres grupos de tres datos cada uno; cada grupo contiene la información correspondiente a un tamaño de finca, en este orden: pequeñas, medianas y grandes. Dentro de cada grupo, los datos corresponden a los distintos tipos de tecnología, en el orden: tradicional, de altos insumos y apropiada. Se empleó un arreglo tridimensional 4,3,3 para regiones, tamaños y tipos de tecnología, respectivamente.

En la matriz "SUELO" los datos de cada columna son iguales entre sí, pues se asumió que toda el área partía de las mismas condiciones iniciales.

- d) Se definen los valores de las variables de precios de insumos y productos. (Líneas 380 a 394).
- e) Se abre el primer ciclo FOR-NEXT, que regula el número de años del análisis. (Línea 420).
- f) Módulo de clima. (Líneas 500 a 664).
- g) Cálculo del ajuste anual de precios. (Líneas 666 a 675).
- h) Se abren tres ciclos FOR-NEXT anidados en el anterior (punto e) y entre sí mismos. Las Líneas de apertura son 730-750 y las de cierre 8020-8040. Estos ciclos permiten recorrer ordenadamente todas las fincas tipo consideradas; con base en ellos, se buscan todas las fincas correspondientes a esa finca tipo en el arreglo FINCAS (Línea 770) y luego se buscan (Líneas 790-870) sus características de cultivos, hato y manejo en la sección correspondiente (Líneas 890-1810).

La Línea 780 lleva el programa al final del ciclo en el caso de que no existan fincas en el estrato representado por la finca tipo seleccionada.

- i) Se realiza el análisis de la finca seleccionada anteriormente en todos los aspectos considerados en el modelo (Líneas 3000 a 8000).

El almacenamiento de la información generada para cada tipo de finca se ordena en las Líneas 7600 a 7740, empleando algunas de las matrices definidas en el punto b).

- j) La totalización del estrato se efectúa multiplicando los resultados obtenidos para la finca tipo por la cantidad de fincas del estrato correspondiente. Esta información se almacena en las matrices definidas inicialmente a tal efecto. (Líneas 7810 a 7840).

- k) La impresión de los resultados anuales de cada finca tipo, que se encuentran almacenados en las matrices citadas en el punto i), se ordena en las Líneas 8100—8420.

- l) La totalización de los resultados de la región se realiza sumando los datos correspondientes a cada uno de los estratos, tal como en el punto j). La totalización y el almacenamiento de los resultados se ordenan en las Líneas 8500 a 8670.

La impresión de los resultados calculados en el punto j) y de sus totales, descritos en el párrafo anterior, se ordena en las Líneas 8600—8750. Se cierran así los procedimientos programados para el período anual de análisis (Línea 9010).

- m) Antes de pasar al siguiente año, se procede a eliminar toda la información almacenada en las matrices, a fin de evitar que los datos calculados para un año sean considerados también en el siguiente; esta operación se ordena en las Líneas 9030 a 9100.

- n) Cerrado el ciclo FOR—NEXT principal (Línea 9140), la Línea 9150 da por finalizado el programa.

## ANEXO 2

## PROCEDIMIENTOS PARA PROGRAMAR LAS SIMULACIONES DESCRITAS EN EL TRABAJO

Si bien el modelo empleado es el mismo para las distintas simulaciones realizadas, es necesario introducirle algunas modificaciones menores para cancelar o habilitar (según corresponda) algunas de las tareas que realiza el programa.

Dado que el programa formulado no interacciona con quien lo opera mientras está trabajando, las modificaciones que quieran efectuársele deberán introducirse antes de ponerlo a trabajar.

Las principales modificaciones que deben hacerse en el programa para lograr distintas simulaciones son:

- a) Para cambiar el número de años del estudio: modificar la Línea 420, incorporando la cifra que se desee. La cancelación de dicha Línea y de la Línea 9140 que la completa, hace que el programa funcione una sola vez, simulando un solo año.
- b) Para cancelar los ajustes anuales de precios de insumos y productos se sugiere incorporar esta sentencia:  
664 GOTO 700  
que hace que el programa ignore la sección de ajuste de precios.
- c) Para lograr una cantidad fija de precipitaciones a lo largo del estudio hay dos caminos; el primero consiste en incorporar esta sentencia:  
535 XX = . . .  
colocando en lugar de los puntos el valor del porcentaje de probabilidad de precipitación con que se desee trabajar.  
La otra posibilidad consiste en reemplazar la Línea 560 por otra que exprese:  
560 LLT = . . .  
poniendo en lugar de los puntos el valor de precipitación anual (en milímetros) con que se desee trabajar.
- d) Para habilitar o cancelar estratos de fincas o regiones, se debe trabajar sobre la información almacenada en el arreglo FINCAS, reformulando las Líneas 130 a 160 de la forma en que se desee.
- e) Cuando sólo se quiera obtener la impresión de las matrices con resultados de fincas, se debe incorporar esta línea:

8465 GOTO 9000

- f) Por el contrario, cuando sólo interese la impresión de las matrices con los resultados globales de la región, se debe incorporar esta línea:

8145 GOTO 8500

- g) Si se quiere que el programa imprima solamente los resultados de fincas de algunos años, por ejemplo los años 1,4,7 y 10 en un estudio de 10 años, incorporar las siguientes líneas:

```
8111 IF Y = 1 OR Y = 4 THEN 8120 ELSE 8112
8111 IF Y = 7 OR Y = 10 THEN 8120 ELSE 9000
```

Modificando los valores de Y se pueden lograr impresiones de otros años.

- h) Cuando se quiera lograr lo mismo que en el punto anterior, pero para los resultados globales de la región, se deben incorporar:

```
8515 IF Y = 1 OR Y = 4 THEN 8520 ELSE 8516
8516 IF Y = 7 OR Y = 10 THEN 8520 ELSE 9000
```

- i) Los efectos de los cambios que generaría la modificación de algunas de las variables del modelo se alcanzan cambiando el valor de dicha variable o de la función que la genera.

En general, con algunos conocimientos de programación BASIC y un análisis detallado del modelo que se presenta, es relativamente sencillo introducir las modificaciones que se deseen en el programa formulado.

## ANEXO 3

## LISTADO DE LAS VARIABLES DEL PROGRAMA

A lo largo del programa se han creado una serie de variables que representan los distintos aspectos considerados por el modelo; estas variables definidas y su significado se listan a continuación, en el orden en que aparecen en el programa.

- AMB:** nombre de la matriz que almacena los valores anuales de las variables ambientales calculadas para cada finca (erosión, cobertura y nutrientes).
- FIS:** igual a la anterior, pero respecto a las variables físicas (insumos y productos).
- EC:** igual a las anteriores, pero respecto a las variables económicas.
- TOF:** nombre de la matriz que almacena los totales por estrato de finca y globales de la región para cada año (variables ambientales y de producción).
- TOE:** igual a la anterior, pero incluye las variables económicas.
- FINCAS:** nombre del arreglo que almacena la información del total de fincas correspondiente a cada estrato de finca representado por una finca tipo.
- SUELO:** nombre de la matriz que almacena la información de contenido de nitrógeno y fósforo de los cultivos y de los pastos, así como la cobertura de los últimos.
- PRE.** todas las variables con este prefijo indican precios de insumos o productos. Las dos últimas letras identifican los insumos y productos, con base en la siguiente clave:
- HA: harina de algodón (kg)  
 ME: melaza (kg)  
 LE: leche (litro)  
 CA: carne en pie (kg vivo)  
 FC: fertilizante compuesto 16-20-0 (kg)  
 SA: sulfato de amonio (kg)
- MOF:** mano de obra familiar disponible para la finca (horas/año)
- JORNAL:** salario por hora (C/hora)
- AJGA:** coeficiente para el ajuste anual de los gastos no individualizados por medio de otras variables.

- XX:** variable auxiliar empleada para obtener un número al azar entre 0 y 100.
- AA:** variable auxiliar empleada para calcular el valor del exponente en la función de precipitaciones.
- PP:** precipitaciones anuales de la región; es generada por la función definida para la variable (mm/año).
- LLT:** lluvia total, es el valor entero de PP (mm/año).
- LL1:** lluvia caída durante el primer ciclo de cultivo (marzo-julio)
- LL2:** lluvia caída durante el segundo ciclo de cultivo (agosto-noviembre).
- LLGU:** lluvia caída entre octubre y diciembre, disponible para las guateras.
- LLP:** cantidad de semanas por año con precipitación superior a 50 mm.; se emplea para determinar el crecimiento de los pastos.
- CAN:** canícula.
- COUNT:** contador auxiliar que identifica las distintas fincas tipo y sus estratos en las matrices de almacenamiento citadas.
- NUM:** total de fincas existentes en el estrato correspondiente a una finca tipo.
- NI:** nivel de insumos de la finca: NI = 0 para fincas que no emplean insumos; N = 1 para las fincas que sí lo hacen.
- NT:** nivel tecnológico en cuanto a manejo de cultivos y hatos se refiere: NT = 0 nivel tecnológico tradicional; NT = 1 nivel tecnológico mejorado.
- SUP. .:** prefijo que identifica las variables correspondientes a superficies de cultivos o pastos. Las letras que siguen identifican los cultivos o pastos de acuerdo con la siguiente clave:
- TOT:** superficie total de la finca (ha).
- MS;** sistema maíz—sorgo (maicillo) de primera época (ha)
- MSV:** sistema maíz—sorgo (maicillo) de segunda época (verano), (ha).
- MG:** sistema maíz—gandul (ha)
- GA:** sistema gandul en monocultivo (ha)
- SF:** sistema sorgo forrajero en monocultivo (ha)
- MP:** sistema maíz en monocultivo de postrera (segunda época) (ha).
- GU:** sistema de huatera (ha)
- PA:** sistema de pastos naturalizados (jaraguá) (ha).
- CUL:** superficie total en cultivos (ha)
- PAS:** superficie total en pastos (ha). **NOTA:** en este caso específico, este va-

lor coincide con el PA, pero fue previsto para el caso de fincas con distintos tipos de pastos.

- VACAS:** total de vacas del hato en capacidad de producir.
- MENORI:** número de animales menores de un año, sin distinción de sexo (unidades).
- UNODOS:** total de animales entre uno y dos años, sin distinción de sexo (unidades).
- DOSTRES:** igual a la anterior, pero para animales de entre dos y tres años.
- TORO:** total de toros del hato (unidades)
- PORPAR:** porcentaje anual de pariciones ocurridas en el hato, en relación al número de vacas en capacidad de producir (%)
- MORT1:** porcentaje de mortalidad de animales menores de un año.
- MORT12:** porcentaje de mortalidad de animales de entre uno y dos años.
- MORT23:** igual al anterior, de animales de entre dos y tres años.
- DURLAC:** duración promedio de la lactancia (días)
- PRODIA:** producción de leche (promedio diario) durante la lactancia (litros/día)
- PPP:** (variable auxiliar) nivel de fósforo en los suelos de cultivos (kg/ha), almacenado en la matriz SUELO.
- AJFER:** coeficiente de ajuste de los rendimientos de los cultivos por fertilidad de suelos. Valores entre 0 y 1.
- PR. . .:** prefijo que identifica todas las variables correspondientes a los rendimientos unitarios de los cultivos (kg/ha), sin ajustes de ningún tipo. Las letras que lo siguen identifican el cultivo, según la siguiente clave:
- MA:** maíz (grano), en el sistema maíz—sorgo de primera (kg/ha).
- FO:** forraje de sorgo producido en el sistema anterior (kg/ha).
- MZ:** maíz (grano), en el sistema maíz—sorgo de segunda (kg/ha).
- MM:** maíz (grano), en el sistema maíz—gandul (kg/ha).
- G:** gandul (grano), en el sistema maíz—gandul (kg/ha).
- GF:** forraje de gandul, en el sistema maíz—gandul (kg/ha).
- SS:** sorgo (grano), en el sistema sorgo forrajero (kg/ha).
- SF:** forraje de sorgo, en el sistema sorgo forrajero (kg/ha).
- M:** maíz (grano), en el sistema maíz de postrera (kg/ha).
- GU:** forraje obtenido en la huatera (kg/ha).
- OP:** forraje de los pastos (jaraguá) (kg/ha).

**PRO. . . :** prefijo que identifica la producción de cultivos y pastos por finca y año considerados. Incluye los ajustes por superficie sembrada, fertilidad, canícula, nivel tecnológico, etc. Las letras que le siguen identifican el cultivo y sistema que genera dicha producción, según la siguiente clave:

**MA1:** maíz (grano) producido por el sistema maíz—sorgo de primera (kg).

**SO1:** sorgo (grano) producido por el sistema anterior (kg).

**FO1:** forraje de sorgo producido por el sistema anterior (kg).

**MA2:** maíz (grano) producido por el sistema maíz—sorgo de segunda (verano) (kg).

**SO2:** sorgo (grano) producido por el sistema anterior (kg).

**MA3:** maíz (grano) producido por el sistema maíz—gandul (kg).

**GA:** gandul (grano) producido por el sistema anterior (kg).

**GAF3:** gandul (forraje) producido por el sistema anterior (kg).

**GAF1:** gandul (forraje) producido por el sistema de gandul en monocultivo (kg).

**SO3:** sorgo (grano) producido por el sistema sorgo forrajero (kg).

**FO2:** forraje de sorgo producido por el sistema anterior (kg).

**MA4:** maíz (grano) producido por el sistema de maíz de postrera (kg).

**GU:** forraje producido por el sistema de guatera (kg).

**PAS:** forraje producido por el sistema pastos (jaraguá) (kg).

**MA:** producción total de maíz (grano) de la finca en el año, obtenida por la suma de las producciones parciales citadas (kg/finca.año).

**SO:** igual al anterior pero de sorgo (grano).

**FGA:** igual al anterior pero de forraje de gandul.

**FSO:** igual al anterior pero de forraje de sorgo.

**COBERT:** cobertura vegetal de los pastos (%); su valor se toma de la matriz SUELO.

**GRANO:** producción total de granos de todos los tipos.

**FORRAJE:** igual a la anterior, pero de forraje.

**NAC:** total de nacimientos de animales ocurridos en el año en la finca.

**PRCAR1:** volumen de carne producida en la finca debido a la terminación de los animales de tres años o a las vacas reemplazadas por estos animales (kg).

**PRCAR2:** igual a la anterior, pero debida a la venta de los terneros machos en las fincas lecheras (kg).

**PROCAR:** producción total de carne de la finca (kg/finca.año).

**PROLE:** producción total de leche de la finca (litros/finca.año).

**E. . . :** prefijo que identifica las variables que expresan contenido de energía (en Gigacalorías) de los alimentos producidos en la finca. Las letras que siguen identifican los alimentos, según la siguiente clave:

**MA:** maíz (grano)  
**SO:** sorgo (grano)  
**GA:** gandul (grano).  
**GRA:** granos totales, por suma de los anteriores.  
**FSO:** forraje de sorgo.  
**FGA:** forraje de gandul.  
**GU:** forraje de huatera.  
**PAS:** forraje de pastos (jaraguá).  
**FORR:** forraje total, por suma de los anteriores.  
**TOT:** energía total (Gigacal) producida en la finca durante el año, a partir de los granos y del forraje.

**PB. . . :** prefijo que identifica las variables que expresan contenido de proteína bruta (en kg) de los alimentos producidos en la finca. Las letras que lo siguen identifican dichos alimentos, según la clave presentada en la variable E. . .

prefijo similar al anterior, pero que expresa los requerimientos de energía (en Gigacalorías) anuales de mantenimiento de los animales del hato. Las letras que siguen identifican los distintos grupos de animales según la siguiente clave:

**VAC:** vacas.  
**MEN:** menores de un año.  
**UNDO:** entre uno y dos años.  
**DOTR:** entre dos y tres años.  
**TORO:** toro.

**REQUEM:** requerimientos totales anuales de energía para mantenimiento del hato (Gigacal).

**P. . . :** prefijo que identifica las variables que expresan los requerimientos anuales de proteína total (en kg) de los distintos grupos de animales del hato. Las letras que le siguen identifican dichos grupos de animales, según la clave presentada en la variable E. . . .

**SALDEN:** excedente de energía disponible en la finca una vez cubiertos los requerimientos de mantenimiento (Gigacal).

**SALDPR:** igual a la anterior, pero referida a proteína total (kg).

**NGEST:** número de gestaciones ocurridas en el año. En este punto de desarrollo del modelo es igual a NAC, pero podría no serlo si se incluyeran mortalidad durante la gestación y abortos.

- REGEST:** requerimientos de energía para gestaciones del hato en la finca, por año (Gigacal).
- RPGEST:** igual al anterior, pero referido a proteína total (kg).
- RELE:** requerimientos de energía para la producción total anual de leche de la finca (Gigacal).
- RPLE:** igual al anterior, pero referida a proteína total (kg).
- CMEN1:** cantidad de kilos de carne incorporados en el año por crecimiento de de los animales menores de un año.
- CUNDO:** igual a la anterior, pero referida a los animales de entre uno y dos años.
- CDOT:** igual a la anterior, pero referida a los animales de entre dos y tres años.
- CTOT:** total de carne producida en la finca durante el año por los distintos grupos de animales; se obtiene sumando las tres variables anteriores (en kg).
- RECA:** requerimientos de energía necesarios para la producción de carne total anual de la finca (Gigacal).
- RPCA:** igual a la anterior, pero referida a proteína total (kg).
- NECE:** balance entre requerimientos totales del hato y disponibilidad de energía de la finca (Gigacal).
- NECP:** igual a la anterior, pero referida a proteína total (kg).
- COPR:** cantidad de proteína total (kg) necesaria para cubrir los requerimientos del hato no satisfechos por la producción de la finca.
- COHA:** cantidad de harina de algodón (kg) necesaria para satisfacer las necesidades no cubiertas de proteína total del hato.
- EHA:** contenido de energía de la harina de algodón (Gigacal).
- COE:** cantidad de energía (Gigacal) necesaria para cubrir los requerimientos del hato no satisfechos por la producción de la finca y la harina de algodón eventualmente comprada.
- COME:** cantidad de melaza (kg) necesaria para satisfacer las necesidades de energía del hato no cubiertas.
- UNGAN:** cantidad de unidades ganaderas de 350 kg de peso existentes en la finca.
- CARGA:** carga animal: cantidad de unidades ganaderas por hectárea de pastos.
- FCOB:** factor de cambio de la cobertura vegetal de los pastos debido a la carga animal.

- COB:** nuevo valor de cobertura vegetal; este dato se almacena en la matriz SUELO, reemplazando al dato del año anterior.
- CPAS:** valor del factor C de la EUPS (Ecuación universal de pérdida de suelos) para pastos.
- R:** factor R de la EUPS.
- P:** factor P de la EUPS.
- LS:** factor LS de la EUPS.
- K:** factor K de la EUPS.
- PE1:** pérdidas totales de suelo del área bajo cultivos de la finca (toneladas de suelo/finca.año).
- PE2:** igual a la anterior, pero del área bajo pastos.
- ERTOT:** igual a la anterior, pero de la totalidad de la finca (cultivos y pastos).
- PN:** pérdidas de nitrógeno de la finca debidas a la erosión (kg/finca.año).
- PP:** igual a la anterior, pero de fósforo.
- PENGRA:** pérdidas de nitrógeno del suelo debidas a la cosecha de granos (kg/finca.año).
- PENFOR:** igual a la anterior pero para forrajes.
- PENCUL:** igual a la anterior pero para todos los cultivos (granos y forrajes).
- PEPGRA:** igual a PENGRA, pero de fósforo.
- PEPFOR:** igual a PENFOR, pero de fósforo.
- PENPAS:** pérdidas de nitrógeno del suelo debidas a la cosecha de pastos.
- PTN:** pérdidas totales de nitrógeno del sistema finca, por suma de todas las pérdidas parciales (kg/finca.año).
- PEPCUL:** igual a PENCUL, pero de fósforo.
- PEPPAS:** igual a la anterior pero de fósforo.
- PTP:** igual a la anterior, pero de fósforo.
- FERTP:** cantidad de fertilizante completo (16-20-0) necesaria para reponer el total de fósforo perdido por el sistema (kg/finca.año).

- NAG:** cantidad de nitrógeno incorporada al sistema con el fertilizante completo (kg/finca.año).
- FERTN:** cantidad de fertilizante nitrogenado, (sulfato de amonio) necesario para reponer la cantidad de nitrógeno perdida por el sistema, descontando los aportes del fertilizante completo.
- FERTOT:** cantidad total de fertilizante aplicado en la finca (kg/finca.año).
- Nota:** al considerar las siguientes variables, recordar que en los suelos no fertilizados es necesario tener en cuenta su tendencia decreciente en fertilidad debida a los sucesivos cultivos y a la erosión.
- PCNCU:** contenido de nitrógeno del suelo de los cultivos en el año en estudio de nitrógeno/tonelada de suelo).
- PCNPA:** igual a la anterior, pero para los suelos con pastos.
- PNCU:** pérdidas de nitrógeno por la erosión en los cultivos.
- PNPA:** igual a la anterior, pero para los pastos.
- PENCUHA:** pérdidas de nitrógeno totales por hectárea de cultivo.
- PENPAHA:** igual a la anterior, para pastos.
- PCPCU:** igual a PCNCU, pero de fósforo.
- PCPPA:** igual a PCNPA, pero de fósforo.
- PPCV:** igual a PNCU, pero de fósforo.
- PPPA:** igual PNPA, pero de fósforo.
- PEPCUHA:** igual a PENCUHA, pero de fósforo.
- PEPPAHA:** igual a PENPAHA, pero de fósforo.
- GA. . .:** prefijo que identifica todas las variables que contienen información sobre gastos de los cultivos y pastos de la finca. Las letras que le siguen identifican los cultivos y pastos, según la clave presentada con las variables SUP. . .
- FERTIL:** costo total de los fertilizantes aplicados en la finca durante el año.
- GASAGR:** gastos totales de la finca en actividades agrícolas (colones/finca.año).
- FC:** factor de corrección de los requerimientos de mano de obra de la finca según el volumen de cosecha.

- MO. . . :** prefijo que identifica a todas las variables que contienen información sobre los requerimientos de mano de obra (horas/año) de los cultivos y pastos de la finca. Las letras que le siguen identifican los cultivos y pastos según la clave presentada para las variables SUP. . .
- MOAGR:** requerimientos totales de mano de obra (horas/finca.año) de las actividades agrícolas.
- GGEGAN:** gastos anuales de la actividad ganadera, excluyendo alimentos.
- MOGAN:** requerimientos anuales totales de mano de obra de la actividad ganadera de la finca.
- GASALI:** gastos totales anuales en alimentos para el ganado
- GASGAN:** gastos totales anuales de la actividad ganadera de la finca, incluyendo alimentos (colones/finca.año).
- INGLE:** ingresos en efectivo de la finca por venta de leche (colones/finca.año).
- INGCA:** igual a la anterior, pero para carne.
- INGTOT:** igual a la anterior, pero totales (carne y leche).
- MOTOT:** requerimientos totales anuales de mano de obra de la finca (agricultura y ganadería).
- MOTHA:** igual a la anterior, pero por hectárea de superficie.
- MOCON:** requerimientos totales anuales de mano de obra contratada (horas/finca.año).
- COSMO:** costo de la mano de obra contratada de la finca (colones/finca.año).
- AMAGR:** depreciación anual de las inversiones en actividades agrícolas (colones/finca.año).
- AMGAN:** depreciación anual de las inversiones en actividades ganaderas (colones/finca.año).
- AMTOT:** depreciación anual total de las inversiones de la finca (colones/finca.año).
- GASTOT:** gastos totales globales anuales de la finca (colones/finca.año).
- EGTOT:** egresos totales globales anuales de la finca (colones/finca.año).
- CONSUMO:** valor del consumo familiar de productos de la finca (colones/finca.año).
- FLUJO:** flujo de caja de la finca, por período anual (colones/finca.año).

**COMOF:** costo de la mano de obra familiar a salario corriente (colones/finca.año).

**ING:** ingreso neto anual de la finca (colones/finca.año).

**INGHA:** igual a la anterior, pero por hectárea de superficie (colones/ha.año).

**CPR:** costo de producción total anual de la finca (colones/finca.año).



```
140 DATA 0,0,0,0,0,12,0,0,0
150 DATA 0,0,0,0,0,56,0,0,0
160 DATA 0,0,0,0,0,173,0,0,0
170 FOR A = 1 TO 4
180 FOR B = 1 TO 3
190 FOR C = 1 TO 3
200 READ FINCAS (A,B,C)
210 NEXT C
220 NEXT B
230 NEXT A
240 REM _____
250 REM INTRODUCCION DE DATOS DE SUELO Y COBERTURA
260 REM COLUMNA 1: NUMERO COL. 2: N CULTIVO; COL. 3: N PASTOS
270 REM COL.4: P CULTIVO; COL.5: P PASTOS; COL.6: % COBERTURA PAS-
    TOS
280 REM _____
290 DIM SUELO (36,6)
300 FOR Z = 1 TO 36
310 SUELO (Z,1) = Z
320 SUELO (Z,2) = 1100
330 SUELO (Z,3) = 1100
340 SUELO (Z,4) = 1700
350 SUELO (Z,5) = 1700
360 SUELO (Z,6) = 90
370 NEXT Z
390 REM _____
381 REM INTRODUCCION PRECIOS ACTUALES DE INSUMOS Y PRODUCTOS
382 REM PREHA: HARINA ALGODON; PREME: MELAZA, PRELE: LECHE;
283 REM PRECA: CARNE EN PIE; MOF: MANO DE OBRA FAMILIAR (HS/AÑO)
384 REM JORNAL: JORNAL DIARIO; AJGA: COEFICIENTE AJUSTE OTROS
    GASTOS
385 REM PREFC: FERTILIZ. 16-20-0; PRESA: SULFATO DE AMONIO
386 PREHA = .66
387 PREME = .12
388 PRELE = 1!
389 PRECA = 2.5
390 JORNAL = 1!
391 AJGA = 1
392 MOF = 2000
393 PREFC = 9
394 PRESA = .53
395 REM _____
400 REM DEFINIR Y ABRIR PERIODO DE ANALISIS
410 REM _____
420 FOR Y = 1 TO 10
490 REM _____
500 REM INICIA MODULO CLIMA. ESTE MODULO CALCULA PRECIPITA-
    CIONES
510 REM ANUALES Y PARCIALES PARA CADA CICLO DE CULTIVO
520 REM _____
```

```
530 XX = RND * 10
535 XX = 50
540 AA = 7.732 - (.004989*XX) - (.00647*LOG(XX) )
550 PP = EXP (AA)
560 LLT = INT (PP)
570 LL1 = .4 * LLT
580 LL2 = .6 * LLT
590 LLGU = .2 * LLT
600 LLP = INT (34.3 - (17*(XX/100) ) )
610 CAN = 0
620 IF XX < 40 THEN CAN = 1! ELSE GOTO 640
630 GOTO 664
640 IF XX > 60 THEN CAN = .3 ELSE GOTO 660
650 GOTO 664
660 CAN = .7
664 GOTO 700
665 REM _____
666 REM AJUSTE ANUAL DE PRECIOS
667 REM _____
670 PRELE=PRELE * 1.167
671 PRECA=PRECA * 1.136
672 JORNAL=JORNAL * 1.157
673 PREHA=PREHA * 1.123
674 PREME=PREME * 1.123
675 AJGA=AJGA * 1.179
690 REM _____
700 REM INICIAR CONTADOR COUNT Y SELECCIONAR ESTRATO DE FIN-
    CAS
710 REM _____
720 COUNT = 0
730 FOR A = 1 TO 4
740 FOR B = 1 TO 3
750 FOR C = 1 TO 3
760 COUNT = COUNT + 1
770 NUM = FINCAS (A,B,C)
780 IF NUM = 0 THEN GOTO 800 ELSE GOTO 790
790 IF B=1 AND C=1 THEN GOTO 940 ELSE GOTO 800
800 IF B=1 AND C=2 THEN GOTO 1040 ELSE GOTO 810
810 IF B=1 AND C=3 THEN GOTO 1140 ELSE GOTO 820
820 IF B=2 AND C=1 THEN GOTO 1250 ELSE GOTO 830
830 IF B=2 AND C=2 THEN GOTO 1350 ELSE GOTO 840
840 IF B=2 AND C=3 THEN GOTO 1450 ELSE GOTO 850
850 IF B=3 AND C=1 THEN GOTO 1560 ELSE GOTO 860
860 IF B=3 AND C=2 THEN GOTO 1660 ELSE GOTO 870
870 IF B=3 AND C=3 THEN GOTO 1760 ELSE GOTO 880
880 REM _____
890 REM CEDULAS DE CULTIVO Y HATO PARA DISTINTOS ESTRATOS
900 REM _____
910 REM FINCAS PEQUEÑAS (B1)
920 REM N. TECN,TRADICIONAL (C1)
```

```

930 REM _____
940 NI=0 : NT=0
950 SUPTOT=2.5 : SUPMS= .7 : SUPMSV=0 : SUPMG=0 : SUPGA=0
960 SUPSF= 0 : SUPMP=.7 : SUPGU=.3 : SUPPA= 1.1
970 SUPCUL =1.4 : SUPPAS= 1.1
980 VACAS=2 : MENORI=0 : UNODOS=0 : DOSTRES=0 : TORO=0
990 MORT1=.3 : MORT12= .1 : MORT23= .1 : PORPAR= .8 : DURLAC= 300 :
    PRODIA= 3
1000 GOTO 3000
1010 REM _____
1020 REM N. TECN, ALTO INSUMO (C2)
1030 REM _____
1040 NI=1 : NT=1
1050 SUPTOT= 2.5 : SUPMS=.3 : SUPMSV=.4 : SUPMG=.3 : SUPGA=0
1060 SUPSF = .2 : SUPMP=.3 : SUPGU=0 : SUPPA=1
1070 SUPCUL= 1.5 : SUPPAS=1
1080 VACAS=3 : MENOR1 =0 : UNODOS=0 : DOSTRES=0 : TORO=0
1090 MORT1=.1 : MORT12=.1 : MORT23=.1 : PORPAR=.8 : DURLAC=270:
    PRODIA=10
1100 GOTO 3000
1110 REM _____
1120 REM N.TECN.TECNOLOGIA APROPIADA (C3)
1130 REM _____
1140 NI=0 : NT=1
1150 SUPTOT=2.5 : SUPMS=.3 : SUPMSV=.4 : SUPMG=.3 : SUPGA=0
1160 SUPSF=.2 : SUPMP=.3 : SUPGU=0 : SUPPA=1
1170 SUPCUL=1.5 : SUPPAS =1
1180 VACAS=2 : MENOR1=0 : UNODOS=0 : DOS TRES=0 : TORO=0
1190 MORT1=.1 : MORT12=.1 : MORT23=.1 : PORPAR=.8 : DURLAC=270 :
    PRODIA=6
1200 GOTO 3000
1210 REM _____
1220 REM FINCAS MEDIANAS (B2)
1230 REM N.TECN.TRADICIONAL (C1)
1240 REM _____
1250 NI = 0 : NT = 0
1260 SUPTOT = 101 : SUPMS = 1.5 : SUPMSV = 0 : SUPMG = 0 : SUPGA = 0
1270 SUPSF = 0 : SUPMP = 1.1 : SUPGU = .5 : SUPPA = 6.9
1280 SUPCUL = 3.1 : SUPPAS = 6.9
1290 VACAS = 6 : MENORI = 1 : UNODOS = 1 : DOSTRES = 1 : TORO = 1
1300 PORPAR = .4 : MORT1 = .4 : MORT12 = .3 : MORT23 = .1
1305 DURLAC = 300 : PRODIA = 31
1310 GOTO 3000
1320 REM _____
1330 REM N.TECN,ALTO INSUMO (C2)
1340 REM _____
1350 NI = 1 : NT = 1
1360 SUPTOT = 10! : SUPMS = .3 : SUPMSV = .6 : SUPMG = .5 : SUPGA = .3
1370 SUPSF = .5 : SUPMP = .5 : SUPGU = 0 : SUPPA = 7.3
1380 SUPCUL = 2.7 : SUPPAS = 7.3

```

```

1390 VACAS = 18 : MENOR1 = 6 : UNODOS = 6 : DOSTRES = 6 : TORO = 1
1400 PORPAR = .8 : MORT1 = .1 : MORT12 = .1 : MORT23 = .1
1405 DURLAC = 270 : PRODIA = 10
1410 GOTO 3000
1420 REM _____
1430 REM N.TECN. TECNOLOGIA APROPIADA (C3)
1440 REM _____
1450 NI = 0 : NT = 1
1460 SUPTOT = 10! : SUPMS = .3 : SUPMSV = .6 : SUPMG = .5 : SUPGA = .3
1470 SUPSF = .5 : SUPMP = .5 : SUPGU = 0 : SUPPA = 7.3
1480 SUPCUL = 2.7 : SUPPAS = 7.3
1490 VACAS = 10 : MENOR1 = 4 : UNODOS = 4 : DOSTRES = 4 : TORO = 1
1500 PORPAR = .8 : MORT1 = .1 : MORT12 = .1 : MORT23 = .1
1505 DURLAC = 270 : PRODIA = 6!
1510 GOTO 3000
1520 REM _____
1530 REM FINCAS GRANDES (B3)
1540 REM N.TECN.TRADICIONAL (C1)
1550 REM _____
1560 NI=0 : NT=0
1570 SUPTOT = 65 : SUPMS = 5 : SUPMSV = 0 : SUPMG = 0 : SUPGA = 0
1580 SUPSF = 0 : SUPMP = 2 : SUPGU = 2 : SUPPA = 56
1590 SUPCUL = 9 : SUPPAS = 56
1600 VACAS = 30 : MENOR1 = 11 : UNODOS = 11 : DOSTRES = 10 : TORO = 1
1610 MORT1=.2 : MORT12=.1 : MORT23=.1 : PORPAR=.4 : DURLAC=0 :
    PRODIA=0
1620 GOTO 3000
1630 REM _____
1640 REM N.TECN.ALTO INSUMO (C2)
1650 REM _____
1660 NI=1 : NT=1
1670 SUPTOT=65 : SUPMS=2 : SUPMSV=2 : SUPMG=0 : SUPGA=2
1680 SUPSF=3 : SUPMP=0 : SUPGU=0 : SUPPA=56
1690 SUPCUL = 9 : SUPPAS = 56
1700 VACAS=45 : MENOR1=29 : UNODOS=26 : DOSTRES=23 : TORO=2
1710 MORT1=.2 : MORT12=.1 : MORT23=.1 : PORPAR=.8 : DURLAC=0 :
    PRODIA=0
1720 GOTO 3000
1730 REM _____
1740 REM N.TECN.TECNOLOGIA APROPIADA (C3)
1750 REM _____
1760 NI=0 : NT=1
1770 SUPTOT=65 : SUPMS=2 : SUPMSV=2 : SUPMG=0 : SUPGA=2
1780 SUPSF=3 : SUPMP=0 : SUPGU=0 : SUPPA=56
1790 SUPCUL=9 : SUPPAS=56
1800 VACAS=25 : MENOR1=16 : UNODOS=16 : DOSTRES=16 : TORO=1
1810 MORT1=.2 : MORT12=.1 : MORT23=.1 : PORPAR=.8 : DURLAC=0 :
    PRODIA=0
2980 REM _____
2990 REM _____

```

3000 REM INICIA MODULO FINCA  
 3010 REM \_\_\_\_\_  
 3020 REM PRODUCCION DE LOS CULTIVOS  
 3030 REM \_\_\_\_\_  
 3040 REM AJUSTE POR FERTILIDAD (AJFER)  
 3050 REM \_\_\_\_\_  
 3060 PPP= SUELO (COUNT,4) \* .0133  
 3070 AJFER= 1-(EXP((-0.114)\*PPP))  
 3080 REM \_\_\_\_\_  
 3090 REM PRODUCCIONES  
 3100 REM \_\_\_\_\_  
 3110 PRMA= 360 + (1.4\*LL1)  
 3120 PROMA1= (PRMA + (NI\*5.96\*(LL1-300))) \* CAN \* AJFER \* SUPMS  
 3130 PROSO1= (1168 + (.4\*LL1)) \* AJFER \* SUPMS  
 3140 PRFO = (-4429 + (11.12 \* LL1))  
 3150 PROFO1 = (PRFO + (NI\*1.08\*PRFO)) \* CAN \* AJFER \* SUPMS  
 3160 PRMZ = 20 + (1.07 \* LL2)  
 3170 PROMA2 = (PRMZ + (NI \* .0031 \* (LL2 -862) \* PRMZ)) \* AJFER \* SUPMSV  
 3180 PROSO2 = (2000 + (.1 \* LL2)) \* AJFER \* SUPMSV  
 3190 PRMM = 836 + (.8 \* LL1)  
 3200 PROMA3 = (PRMM + (NI \* 1.13 \* PRMM)) \* CAN \* AJFER \* SUPMG  
 3210 PRG = 243 + (.2 \* LL1)  
 3220 PROGA = (PRG + (NI \* 1.13 \* PRG)) \* AJFER \* CAN \* SUPMG  
 3230 PRGF = 22720 + (16 \* LL1)  
 3240 PROGAF3 = (PRGF + (NI \* .14 \* PRGF)) \* AJFER \* CAN \* SUPMG  
 3250 PROGAF1 = (-69176! + (147.2 \* LL1)) \* AJFER \* CAN \* SUPGA  
 3260 PRSS = 1000 + (.1 \* LL1)  
 3270 PROSO3 = (PRSS + (NI \* .0008 \* (LL1-130) \* PRSS)) \* AJFER \* CAN \* 2 \* SUPSF  
 3280 PRSF = 9260 + (22\*LL1)  
 3290 PROFO2 = (PRSF + (NI\*.0217\*(LL1-300) \* PRSF)) \* AJFER \* CAN \* SUPSF  
 3300 PRM = -950 + (2.5 \* LL2)  
 3310 PROMA4 = (PRM + (NI \* .18 \* PRM)) \* AJFER \* SUPMP  
 3320 PGU = -4900 + (21 \* LLGU)  
 3330 PROGU = (PGU + (NI \* .91 \* PGU)) \* AJFER \* SUPGU  
 3340 PROP = 500 \* (LLP/3)  
 3350 COBERT = SUELO (COUNT,6)  
 3360 PROPAS = (PROP + (NI \* .9 \* PROP)) \* COBERT/100 \* SUPPA  
 3370 PROMA = PROMA1 + PROMA2 + PROMA3 + PROMA4  
 3380 PROSO = PROSO1 + PROSO2 + PROSO3  
 3390 PROFGA = PROGAF1 + PROGAF3  
 3400 PROFSO = PROFO1 + PROFO2  
 3410 GRANO = INT (PROMA + PROSO + PROGA)  
 3420 FORRAJE = INT (PROGU + PROPAS + PROFSO + PROFGA)  
 3480 REM \_\_\_\_\_  
 3490 REM \_\_\_\_\_  
 3500 REM PRODUCCION GANADERA  
 3510 REM \_\_\_\_\_

```
3520 REM DINAMICA Y PRODUCCION DEL HATO
3530 REM _____
3531 REM HATO LECHERO
3532 REM _____
3533 IF B=3 THEN GOTO 3650 ELSE GOTO 3540
3540 NAC = INT (VACAS*PORPAR)
3550 PRCAR1 = DOSTRES * 350
3560 DOSTRES = UNODOS - (INT (UNODOS * MORT23))
3570 UNODOS = MENOR1 - (INT (MENOR1 * MORT12))
3580 MENOR1 = INT ((NAC - (INT (NAC * MORT1))) / 2)
3590 PRCAR2 = MENOR1 * 70
3600 PROCAR = INT (PRCAR1 + PRCAR2)
3610 PROLE = INT (VACAS * PORPAR * DURLAC * PRODIA)
3620 GOTO 3800
3640 REM _____
3650 REM HATO DE CARNE
3660 REM _____
3670 NAC = INT (VACAS*PORPAR)
3675 PROCAR = INT (DOSTRES * 350)
3680 DOSTRES = UNODOS - (INT (UNODOS * MORT23))
3690 UNODOS = MENOR1 - (INT (MENOR1 * MORT12))
3700 MENOR1 = INT (NAC - (INT (NAC * MORT1)))
3710 PROLE = 0
3790 REM _____
3800 REM DISPONIBILIDAD DE ALIMENTO DE LA FINCA
3810 REM _____
3820 REM ENERGIA DIGESTIBLE (GIGACAL)
3830 REM _____
3840 EMA = PROMA * .00324
3850 ESO = PROSO * .00298
3860 EGA = PROGA * .0034
3870 EGRA = EMA + ESO + EGA
3880 EFSO = PROFSO * .00042
3890 EFGA = PROFGA * .00066
3900 EGU = PROGU * .00199
3910 EPAS = PROPAS * .0021
3920 EFORR = EFSO + EFGA + EGU + EPAS
3930 ETOT = (EGRA + EFORR) * .75
3940 REM _____
3950 REM PROTEINA BRUTA (KG)
3960 PBMA = PROMA * .099
3970 PBMA = PROMA * .099
3980 PBSO = PROSO * 9.399999E-02
3990 PBGA = PROGA * .203
4000 PBGRA = PBMA + PBSO + PBGA
4010 PBFSO = PROFSO * .015
4020 PBFGA = PROGA * .048
4030 PBGU = PROGU * .038
4040 PBPAS = PROPAS * .057
4050 PBFOR = PBFSO + PBFGA + PBGU + PBPAS
```

4060  $PBTOT = (PBGRA + PBFOR) * .7$   
 4090 REM \_\_\_\_\_  
 4095 REM \_\_\_\_\_  
 4100 REM REQUERIMIENTOS ANUALES DEL HATO  
 4110 REM \_\_\_\_\_  
 4120 REM REQ. DE MANTENIMIENTO  
 4130 REM ENERGIA (GIGACAL)  
 4140 REM \_\_\_\_\_  
 4150  $EVAC = VACAS * 4.38$   
 4160  $EMEN = MENOR1 * 1.24$   
 4170  $EUNDO = UNODOS * 2.05$   
 4180  $EDOTR = DOSTRES * 3.43$   
 4190  $ETORO = TORO * 5.26$   
 4200  $REQEM = EVAC + EMEN + EUNDO + EDOTR + ETORO$   
 4210 REM \_\_\_\_\_  
 4220 REM PROTEINA TOTAL (KG)  
 4230 REM \_\_\_\_\_  
 4240  $PVAC = VACAS * 171$   
 4250  $PMEN = MENOR1 * 56$   
 4260  $PUNDO = UNODOS * 88$   
 4270  $PDOTR = DOSTRES * 146$   
 4280  $PTORO = TORO * 205$   
 4290  $REQPM = PVAC + PMEN + PUNDO + PDOTR + PTORO$   
 4300 REM \_\_\_\_\_  
 4310 REM EXCEDENTE DE DISPONIBILIDAD UNA VEZ CUBIERTO EL MAN-  
 TENIMIENTO  
 4320 REM \_\_\_\_\_  
 4340  $SALDEN = ETOT - REQEM$   
 4350  $SALDPR = PBTOT - REQPM$   
 4360 REM \_\_\_\_\_  
 4370 REM REQUERIMIENTOS DE GESTACION  
 4380 REM \_\_\_\_\_  
 4390  $NGEST = INT (VACAS * PORPAR)$   
 4400  $REGEST = NGEST * 1.03$   
 4410  $RPGEST = NGEST * 27.2$   
 4420 REM \_\_\_\_\_  
 4430 REM REQUERIMIENTOS DE PRODUCCION  
 4440 REM \_\_\_\_\_  
 4450 REM LECHE  
 4460 REM \_\_\_\_\_  
 4470  $RELE = PROLE * .00123$   
 4480  $RPLE = PROLE * .07$   
 4490 REM \_\_\_\_\_  
 4500 REM CARNE  
 4510 REM \_\_\_\_\_  
 4520  $CMEN1 = MENOR1 * 60$   
 4530  $CUNDO = UNODOS * 100$   
 4540  $CDOT = DOSTRES * 150$   
 4550  $CTOT = CMEN1 + CUNDO + CDOT$   
 4560  $RECA = CTDOT * .0211$

```

4570 RPCA = CTD T * .65
4580 REM _____
4590 REM BALANCE ALIMENTICIO GLOBAL
4600 REM _____
4510 NECE = (REQEM + REGEST + RELE + RECA) - ETOT
4620 NECP = (REQPM + RPGEST + RPLE + RPCA) - PBTOT
4640 REM _____
4650 REM COMPRAS ANUALES DE ALIMENTO REQUERIDAS
4660 REM _____
4670 COPR = NECP
4680 IF COPR > 0 THEN GOTO 4690 ELSE GOTO 4710
4690 COHA = INT (COPR / .454 )
4700 GOTO 4720
4710 COHA = 0
4720 EHA = COHA * .00282
4730 COE = NECE - EHA
4740 IF CODE > 0 THEN GOTO 4750 ELSE GOTO 4770
4750 COME = INT (CODE / .00327)
4760 GOTO 5000
4770 COME = 0
4980 REM _____
4990 REM _____
5000 REM MODULO DE SUELOS Y EVALUACION DE DEGRADACION
5010 REM _____
5020 REM EVOLUCION DE LA COBERTURA
5025 REM CALCULO DE LA CARGA ANIMAL
5030 REM _____
5040 UNGAN = (VACAS * 1) + (TORO * 1.5) + (MENOR1 * .3) + (UNODOS *
.6) + (DOSTRES * .9)
5050 CARGA = UNGAN / SUPPAS
5054 REM _____
5055 REM EFECTO DE LA CARGA SOBRE LA COBERTURA
5056 REM _____
5060 FCOB = 1.02 - (.021 * CARGA)
5070 COB = COBERT * FCOB
5074 REM _____
5075 REM ALMACENAR NUEVO VALOR DE COBERTURA
5076 REM _____
5080 SUELO (COUNT,6) = COB
5090 REM _____
5100 REM AJUSTE DEL FACTOR C (E.U.P.S.) PARA PASTOS SEGUN COBER-
TURA
5110 REM _____
5120 CPAS = (3.23214E-05 * (COB^2)) - (.006353 * COB + .31209
5200 REM _____
5210 REM FACTORES DE LA E.U.P.S.
5220 REM _____
5230 R = 2.6 * LLT / 10
5240 P = 1
5250 IF A = 1 THEN GOTO 5260 ELSE GOTO 5280

```

```

5260 LS = 1! : K = .65
5270 GOTO 5400
5280 IF A = 2 THEN GOTO 5290 ELSE GOTO 5310
5290 LS = 10.8 : K = .65
5300 GOTO 5400
5310 IF A = 3 THEN GOTO 5320 ELSE GOTO 5340
5320 LS = 10.8 : K = .57
5330 GOTO 5400
5340 LS = 32! : K = .57
5390 REM _____
5400 REM CALCULO PERDIDAS DE SUELO
5410 REM PE1: PERDIDAS EN CULTIVOS ; PE2: PERDIDAS EN PASTIZALES
5415 REM ERTOT: PERDIDAS TOTALES
5420 REM _____
EDIT 5410
5430 PE1 = R * K * LS * P * .04 * SUPCUL
5440 PE2 = R * K * LS * P * CPAS * SUPPAS
5445 ERTOT = INT (PE1 + PE2)
5450 REM _____
5460 REM PERDIDAS DE NUTRIENTES POR EROSION
5470 REM N : NITROGENO : P : FOSFORO
5480 REM _____
5490 PN = (PE1 + PE2) * 7.900001E-02 / 100 * 1000
5500 PP = (PE1 + PE2) * .12 / 100 * 1000
5510 REM _____
5520 REM EXPORTACION DE NUTRIENTES CON LAS COSECHAS
5530 REM _____
5540 PENGRA = (PROMA * 0.0158) + (PROSO * .015) + (PROGA * .0325)
5550 PENFOR = (PROGU * .0068) + (PROGA * .0077) + (PROFSG * .0024)
5560 PENCUL = PENGRA + PENFOR
5570 PEPGRA = (PROMA * .0033) + (PROSO * .0028) + (PROGA * .0084)
5580 PEPFOR = (PROGU * .0031) + (PROFGA * .0007) + (PROFSG * .0004)
5590 PEPCUL = PEPGRA + PEPFOR
5600 PENPAS = (PROPAS * .003) * .2
5610 PEPPAS = (PROPAS * 6.000001E-04) * .2
5640 REM _____
5650 REM SALIDAS TOTALES DE NUTRIENTES DEL SISTEMA
5660 REM _____
5670 PTN = PN + PENCUL + PENPAS
5680 PTP = PP + PEPCUL + PEPPAS
5690 REM _____
5700 REM DECISION EN CUANTO A PERDIDAS DE NUTRIENTES
5710 REM NI 1: FERTILIZA PARA REPONER
5720 REM NI 2: RECORRE A LA RESERVA DEL SUELO
5730 REM _____
5740 IF NI = 1 THEN GOTO 5750 ELSE GOTO 5800
5750 FERTP = PTP * 5 * 2.29
5751 NAG = FERTP * .16
5752 FERTN = (PTN - NAG) * 6.25 * 2
5753 IF FERTN < 0 THEN FERTN = 0

```

```

5755 FERTOT= INT (FERTN + FERTP)
5760 GOTO 6500
5790 REM _____
5800 REM CALCULO NUTRIENTES REMANENTES Y ALMACENAMIENTO
      NUEVOS VALORES
5810 REM _____
5820 FERTP = 0
5825 FERTN = 0
5830 REM _____
5840 REM PERDIDAS CON EROSION AJUSTADAS POR CONTENIDO EN EL
      SUELO
5845 REM NITROGENO
5850 REM _____
5860 PCNCU = SUELO (COUNT,2) * 100 / 1400000!
5870 PCNPA = SUELO (COUNT,3) * 100 / 1400000!
5880 PNCU = PE1 * PCNCU * 10
5890 PNPA = PE2 * PCNPA * 10
5900 PENCUHA = (PENCUL + PNCU) / SUPCUL
5910 PENPAHA = (PENPAS + PNPA) / SUPPA
5915 PTN = PENCUL + PNCU + PENPAS + PNPA
5920 SUELO (COUNT,2) = SUELO (COUNT,2) - PENCUHA
5930 SUELO (COUNT,3) = SUELO (COUNT,3) - PENPAHA
5935 REM _____
5940 REM FOSFORO
5945 REM _____
5950 PCPCU = SUELO (COUNT,4) / 1400!
5960 PCPPA = SUELO (COUNT,5) / 1400)
5970 PPCU = PE1 * PCPCU
5980 PPPA = PE2 * PCPPA
5990 PEPCUHA = (PEPCUL + PPCU) / SUPCUL
6000 PEPPAHA = (PEPPAS + PPPA) / SUPPA
6005 PTP = PEPCUL + PPCU + PEPPAS + PPPA
6010 SUELO (COUNT,4) = SUELO (COUNT,4) - PEPCUHA
6020 SUELO (COUNT,5) = SUELO (COUNT,5) - PEPPAHA
6490 REM _____
6495 REM _____
6500 REM CALCULO VARIABLES ECONOMICAS
6510 REM _____
6520 REM COSTOS ACTIVIDADES AGRICOLAS (COLONES/AÑO)
6530 REM _____
6540 GAMS = SUPMS * (21 + (NI * 69))
6550 GAMSV = SUPMSV * (17 + (NI * 209))
6560 GAMG = SUPMG * (41 + (NI * 217))
6570 GAGA = SUPGA * 82
6580 GASF = SUPSF * (8 + (NI * 134))
6590 GAMP = SUPMP * 80
6600 GAGU = SUPGU * (NI * 5)
6610 GAPA = SUPPA * (.34 + NI)
6615 FERTIL = INT ((FERTP * PREFC) + (FERTN * PRESA))
6620 GASAGR = GAMS + GAMSV + GAMG + GAGA + GASF + GAMP +

```

## GAGU + GAPA + FERTIL

6630 REM \_\_\_\_\_  
 6640 REM MANO DE OBRA REQUERIDA POR CULTIVOS AGRICOLAS  
 (HORAS/AÑO)  
 6650 REM \_\_\_\_\_  
 6660 REM FC : CORRECCION POR INFLUENCIA DEL VOLUMEN DE LA  
 COSECHA  
 6670 REM \_\_\_\_\_  
 6680  $FC = .7 + (.5 * ((100-XX)/100))$   
 6690  $MOMS = SUPMS * (517 + (NI * 163)) * FC$   
 6700  $MOMSV = SUPMSV * (601 + (NI * 232)) * FC$   
 6710  $MOMG = SUMMG * (802 + (NI * 178)) * FC$   
 6720  $MOGA = SUPGA * 694 * FC$   
 6730  $MOSF = SUPSF * (234 + (NI * 653)) * FC$   
 6740  $MOMP = SUPMP * (400 + (NI * 352)) * FC$   
 6750  $MOGU = SUPGU * 210 * FC$   
 6760  $MOPA = SUPPA * (2 + (NI * 1.5)) * FC$   
 6770  $MOAGR = MOMS + MOMSV + MOMG + MOGA + MOSF + MOMP +$   
 $MOGU + MOPA$   
 6790 REM \_\_\_\_\_  
 6800 REM COSTOS Y MANO DE OBRA DE LA ACTIVIDAD GANADERA  
 6810 REM \_\_\_\_\_  
 6820 REM DE LECHE  
 6830 IF B = 3 THEN GOTO 6900 ELSE GOTO 6840  
 6840  $GEGAN = VACAS * (14.5 + (NI * 11))$   
 6850  $MOGAN = VACAS * (17 + (NI * 17))$   
 6860 GOTO 6950  
 6890 REM \_\_\_\_\_  
 6900 REM DE CARNE  
 6910 REM \_\_\_\_\_  
 6920  $GEGAN = VACAS * 7 + (NT * 6)$   
 6930  $MOGAN = VACAS * (2 + (NT * 2))$   
 6950  $GASALI = INT((COHA * PREHA) + (COME * PREME))$   
 6960  $GASGAN = GEGAN + GASALI$   
 6990 REM \_\_\_\_\_  
 7000 REM INGRESO BRUTO ANUAL DE LA FINCA  
 7010 REM \_\_\_\_\_  
 7020  $INGLE = PROLE * PRELE$   
 7030  $INGCA = PROCAR * PRECA$   
 7040  $INGTOT = INT(INGLE + INGCA)$   
 7090 REM \_\_\_\_\_  
 7100 REM EGRESOS ANUALES DE LA FINCA  
 7110 REM \_\_\_\_\_  
 7120 REM MANO DE OBRA  
 7130 REM \_\_\_\_\_  
 7135  $MOF = 2000$   
 7140  $MOTOT = INT(MDAGR + MOGAN)$   
 7145  $MOTHA = INT(MOTOT/SUPTOT)$   
 7150  $MOCON = INT(MOTOT - MOF)$   
 7160 IF MOCON < 0 THEN MOCON = 0

```

7170 COSMO = MOCON * JORNAL
7190 REM _____
7200 REM AMORTIZACIONES
7210 REM _____
7220 AMAGR = SUPTOT * 8
7230 IF B=3 THEN GOTO 7260 ELSE GOTO 7240
7240 AMGAN = VACAS * 138
7250 GOTO 7270
7260 AMGAN = VACAS * 12
7270 AMTOT = AMAGR + AMGAN
7290 REM _____
7300 REM GASTOS TOTALES
7310 REM _____
7320 GASTOT = (GASAGR + GASGAN) * AJGA
7340 REM _____
7350 REM EGRESOS TOTALES
7360 REM _____
7370 EGTOT = COSMO + AMTOT + GASTOT
7390 REM _____
7400 REM CONSUMO FAMILIAR
7410 REM _____
7420 CONSUMO = INT (2000 / 3.2 * PRECA)
7490 REM _____
7495 REM _____
7495 REM _____
7500 REM EVALUACION ECONOMICA ANUAL
7510 REM FLUJO: FLUJO DE CAJA; ING: INGRESO; CPR: COSTO DE PRO-
DUCCION
7520 REM _____
7530 FLUJO = INT (INGTOT - GASTOT - COSMO - CONSUMO)
7540 IF MOCON = 0 THEN MOF = MOTOT
7550 COMOF = MOF * JORNAL
7560 ING = INT (FLUJO + CONSUMO - COMOF - AMTOT)
7565 INGHA = INT (ING / SUPTOT)
7570 CPR = INT (GASTOT + COSMO)
7590 REM _____
7600 REM ALMACENAR INFORMACION GENERADA POR EL MODELO
7610 REM _____
7650 Z = COUNT
7655 CARAN = (INT(CARGA*10))/10
7660 AMB (Z,1) = Z : AMB (Z,2) = INT(COB) : AMB (Z,3) = INT(PE1/SUPCUL)
7670 AMB (Z,4) = INT(PE2/SUPPAS): AMB (Z,5) = INT(ERTOT) : AMB (Z,6) =
INT(PTN)
7680 AMB (Z,7) = INT(PTP) : AMB (Z,8) = AJFER
7690 FIS (Z,1) = Z : FIS (Z,2) = GRANO : FIS (Z,3) = FORRAJE
7700 FIS (Z,4) = PROLE : FIS (Z,5) = PROCAR : FIS (Z,6) = CARAN
7710 FIS (Z,7) = INT(NECE) : FIS (Z,8) = INT(NECP): FIS (Z,9) = FERTOT
7720 EC (Z,1) = Z : EC (Z,2) = MOCON : EC (Z,3) = INT(COHA*PREHA)
7730 EC (Z,4) = INT(COME*PREME) : EC (Z,5) = FERTIL : EC (Z,6) = CPR
7740 EC (Z,7) = CONSUMO : EC (Z,8) = FLUJO : EC (Z,9) = ING : EC(Z,10)=

```

```

INGHA : EC(Z,11)= MOTHA
7800 REM _____
7810 REM TOTALIZACION POR ESTRATO
7820 REM _____
7830 TOF(Z,1)=Z : TOF(Z,2)= NUM*PROCAR : TOF(Z,3)= NUM*PROLE :
TOF(Z,4)= NUM*GRANO : TOF(Z,5)= NUM*FORRAJE : TOF(Z,6)=
NUM*FERTOT : TOF(Z,7)= NUM*COHA : TOF(Z,8)= NUM*COME : TOF
(Z,9)=NUM*ERTOT
7840 TOE(Z,1)=Z : TOE(Z,2)= NUM*MOTOT : TOE(Z,3)= NUM*MOCON :
TOE(Z,4)= NUM*MOF : TOE(Z,5)= NUM*INGTOT : TOE(Z,6)= NUM*
(FERTIL + GASALI) : TOE(Z,7)= NUM*FLUJO
7980 REM _____
7990 REM _____
8000 REM CIERRA ANALISIS ESTRATO FINCAS
8010 REM _____
8010 REM _____
8019 FERTOT=0
8020 NEXT C
8030 NEXT B
8040 NEXT A
8090 REM _____
8100 REM IMPRESION DE RESULTADOS ANUALES
8110 REM _____
8120 LPRINT " "
8130 LPRINT " "
8140 LPRINT "AÑO: "; Y
8145 GOTO 8500
8150 LPRINT "LUVIA: "; LLT; " CAIDA RENDIM. POR CANICULA: ";
(1-CAN)*100; "o"
8160 LPRINT " "
8165 STOP
8170 LPRINT " "
8180 LPRINT "VARIABLES AMBIENTALES"
8190 LPRINT "N."; TAB(8);"COB ";TAB(16);"ECU";TAB(24);"EPA "; TAB(32);
"ET "; TAB(40); "PTN ";TAB(48);"PTP ";TAB(56);"AJFER"
8200 LPRINT " "
8210 FOR Q = 1 TO 36
8220 LPRINT AMB(Q,1);TAB(8);AMB(Q,2);TAB(16);AMB(Q,3);TAB(24),AMB
(Q,4); TAB(32);AMB(Q,5);TAB(40);AMB(Q,6);TAB(48);AMB(Q,7);TAB
(56);AMB(Q,8)
8230 NEXT Q
8240 LPRINT " "
8250 LPRINT " "
8255 STOP
8260 LPRINT " "
8270 LPRINT "VARIABLES DE PRODUCCION FISICA"
8280 LPRINT " "
8290 LPRINT "N.";TAB(8);"GR";TAB(16);"FO";TAB(24);"LE";TAB(32);
"CAR";TAB(40);" Q ";TAB(48); "EN ";TAB(56);"PR ";TAB(64);"FERT"
8300 LPRINT " "

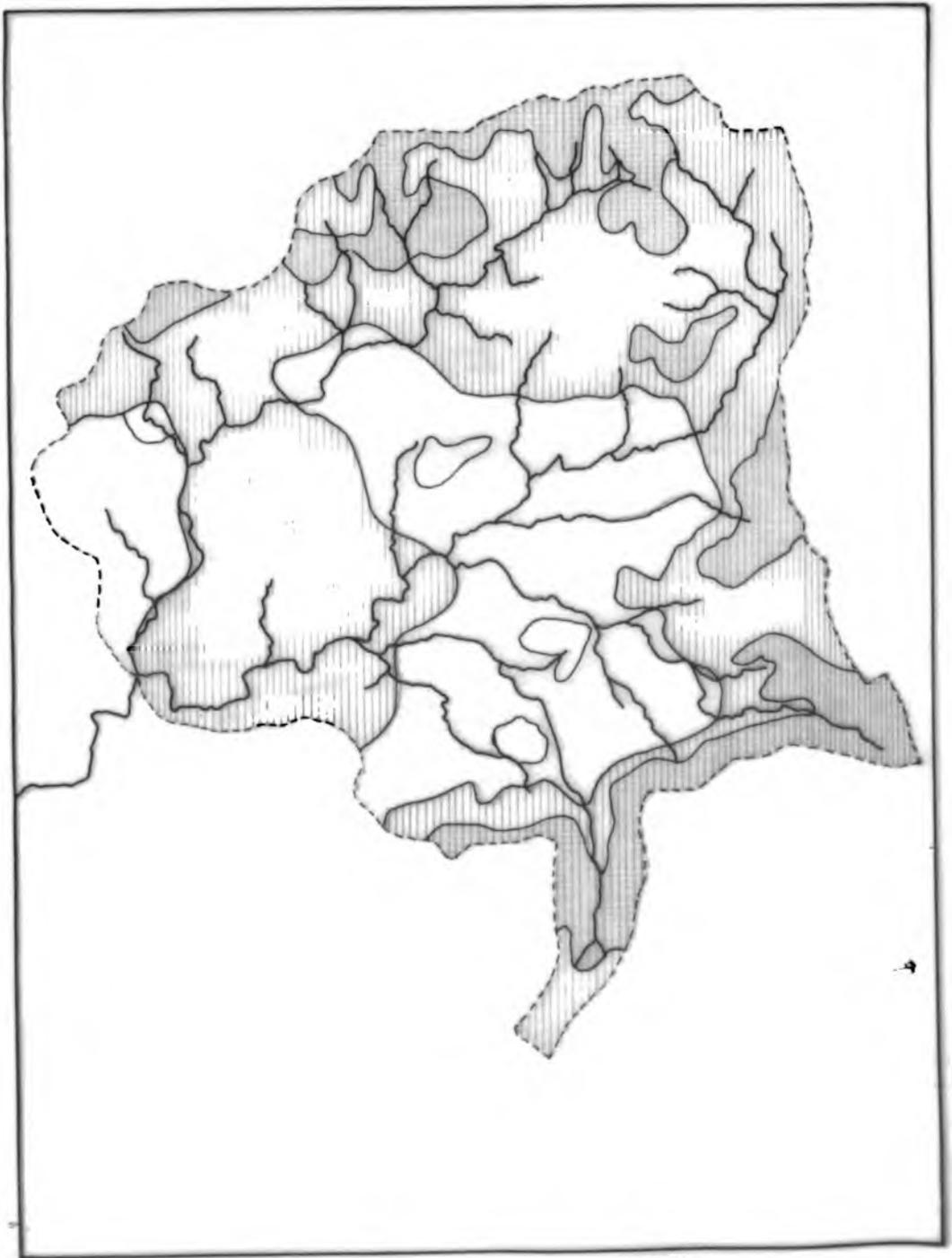
```

```

8310 FOR Q= 1 TO 36
8320 LPRINT FIS(Q,1);TAB(8);FIS(Q,2);TAB(16);FIS(Q,3);TAB(24);FIS(Q,4);
      TAB(32);FIS(Q,5);TAB(40);FIS(Q,6);TAB(48);FIS(Q,7);TAB(56);FIS(Q,8);
      TAB(64);FIS(Q,9)
8330 NEXT Q
8340 LPRINT " "
8350 LPRINT " "
8355 STOP
8360 LPRINT " "
8370 LPRINT "VARIABLES ECONOMICAS"
8380 LPRINT " "
8390 LPRINT "N";TAB(5);"MOCON";TAB(11);"MOHA";TAB(18);"$HA ";
      TAB(25);"$ME";TAB(33);"$FERT ";TAB(41);"CPR ";TAB(49);"CONS ";
      TAB(56);"FLUJO ";TAB(65);"ING.NET ";TAB(74);"IHA"
8400 LPRINT " "
8410 FOR Q = 1 TO 36
8420 LPRINT EC(Q,1);TAB(5);EC(Q,2);TAB(11);EC(Q,11);TAB(18);EC(Q,3);
      TAB(25);EC(Q,4);TAB(33);EC(Q,5);TAB(41);EC(Q,6);TAB(49);EC(Q,7);
      TAB(56);EC(Q,8);TAB(65);EC(Q,9);TAB(74);EC(Q,10)
8430 NEXT Q
8440 LPRINT " "
8450 LPRINT " "
8460 LPRINT " "
8465 STOP
8490 REM _____
8500 REM TOTALIZACION A NIVEL REGIONAL
8510 REM _____
8515 IF Y=1 OR Y=4 THEN 8520 ELSE 8516
8516 IF Y=7 OR Y=10 THEN 8520 ELSE 9000
8520 FOR R= 1 TO 36
8530 TOF(37,2) = TOF (37,2) + TOF (R,2)
8540 TOF(37,3) = TOF (37,3) + TOF (R,3)
8550 TOF(37,4) = TOF (37,4) + TOF (R,4)
8560 TOF(37,5) = TOF (37,5) + TOF (R,5)
8570 TOF(37,6) = TOF (37,6) + TOF (R,6)
8580 TOF(37,7) = TOF (37,7) + TOF (R,7)
8590 TOF(37,8) = TOF (37,8) + TOF (R,8)
8600 TOF(37,9) = TOF (37,9) + TOF (R,9)
8610 TOE(37,2) = TOE (37,2) + TOE (R,2)
8620 TOE(37,3) = TOE (37,3) + TOE (R,3)
8630 TOE(37,4) = TOE (37,4) + TOE (R,4)
8640 TOE(37,5) = TOE (37,5) + TOE (R,5)
8650 TOE(37,6) = TOE (37,6) + TOE (R,6)
8660 TOE(37,7) = TOE (37,7) + TOE (R,7)
8670 NEXT R
8680 LPRINT "N";TAB(5);"CAR ";TAB(14);"LE ";TAB(23);"GRANO ";TAB
      32);"FORRAJE ";TAB(41);"FERT ";TAB(50);"HA ";TAB(59);"ME ";TAB
      (68);"EROSION"
8690 FOR S= 1 TO 37

```

```
8695 IF TOF(S,4)=0 THEN 8710
8700 LPRINT TOF(S,1);TAB(5);TOF(S,2);TAB(14);TOF(S,3);TAB(23);TOF(S,4);
      TAB(32);TOF(S,5);TAB(41);TOF(S,6);TAB(50);TOF(S,7);TAB(59);TOF
      (S,8);TAB(68);TOF(S,9)
8710 NEXT S
8711 LPRINT " "
8712 LPRINT " "
8720 LPRINT "N ";TAB(9);"MOT ";TAB(18);"MOCON ";TAB(27);"MOF ";TAB
      (36); "ING$ "; TAB(45); "EG$ ";TAB(54); "FLUJO"
8730 FOR S=1 TO 37
8735 IF TOE(S,2)=0 THEN 8750
8740 LPRINT TOE(S,1);TAB(9);TOE(S,2);TAB(18);TOE(S,3);TAB(27);TOE(S,4);
      TAB(36);TOE(S,5);TAB(45);TOE(S,6);TAB(54);TOE(S,7)
8750 NEXT S
9000 REM _____
9010 REM CIERRA PERIODO ANUAL DE ANALISIS
9020 REM _____
9030 REM LIMPIAR MATRICES
9040 REM _____
9050 FOR M= 1 TO 37
9060 FOR N = 1 TO 11
9070 AMB(M,N)=0 : FIS(M,N)=0 : EC(M,N)=0
9080 TOF(M,N)=0 : TOE(M,N)=0
9090 NEXT N
9100 NEXT M
9110 REM _____
9120 REM CAMBIO DE AÑO
9130 REM _____
9140 NEXT Y
9150 END
```



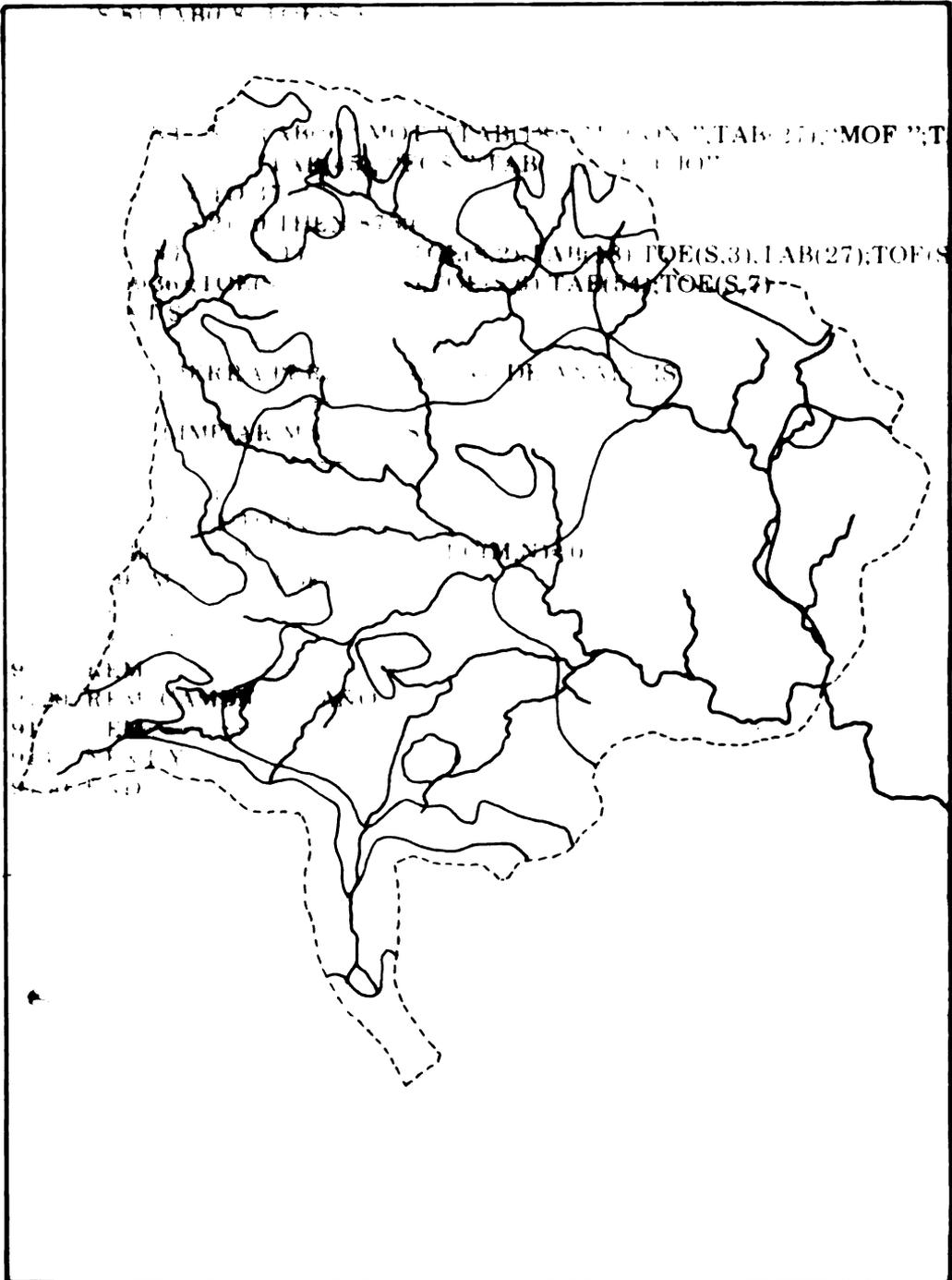
MAPA 3  
SUELOS

- PGB
- ▨ YAD

MAPA 4  
REGIONES FISICAS

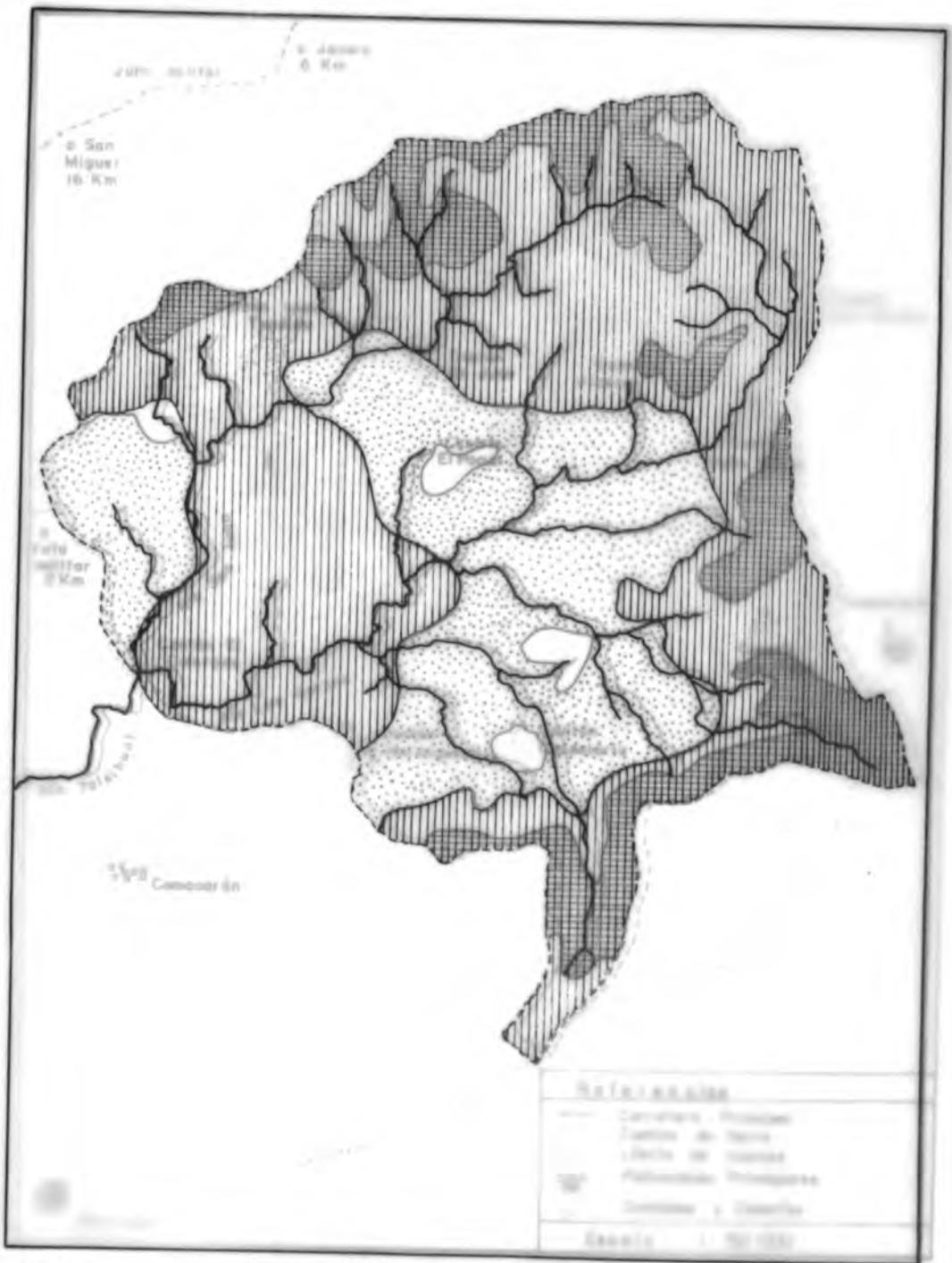
- ▨ Región 1
- Región 2
- ▨ Región 3
- Región 4

S. LAB(14);TOE(S. 13);TOF(S. 1  
S. LAB(7);TOE(S. 9);TOF

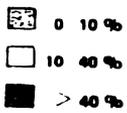


MAP 4  
REGIONES FISICAS

- Region 1 
- Region 2 
- Region 3 
- Region 4 

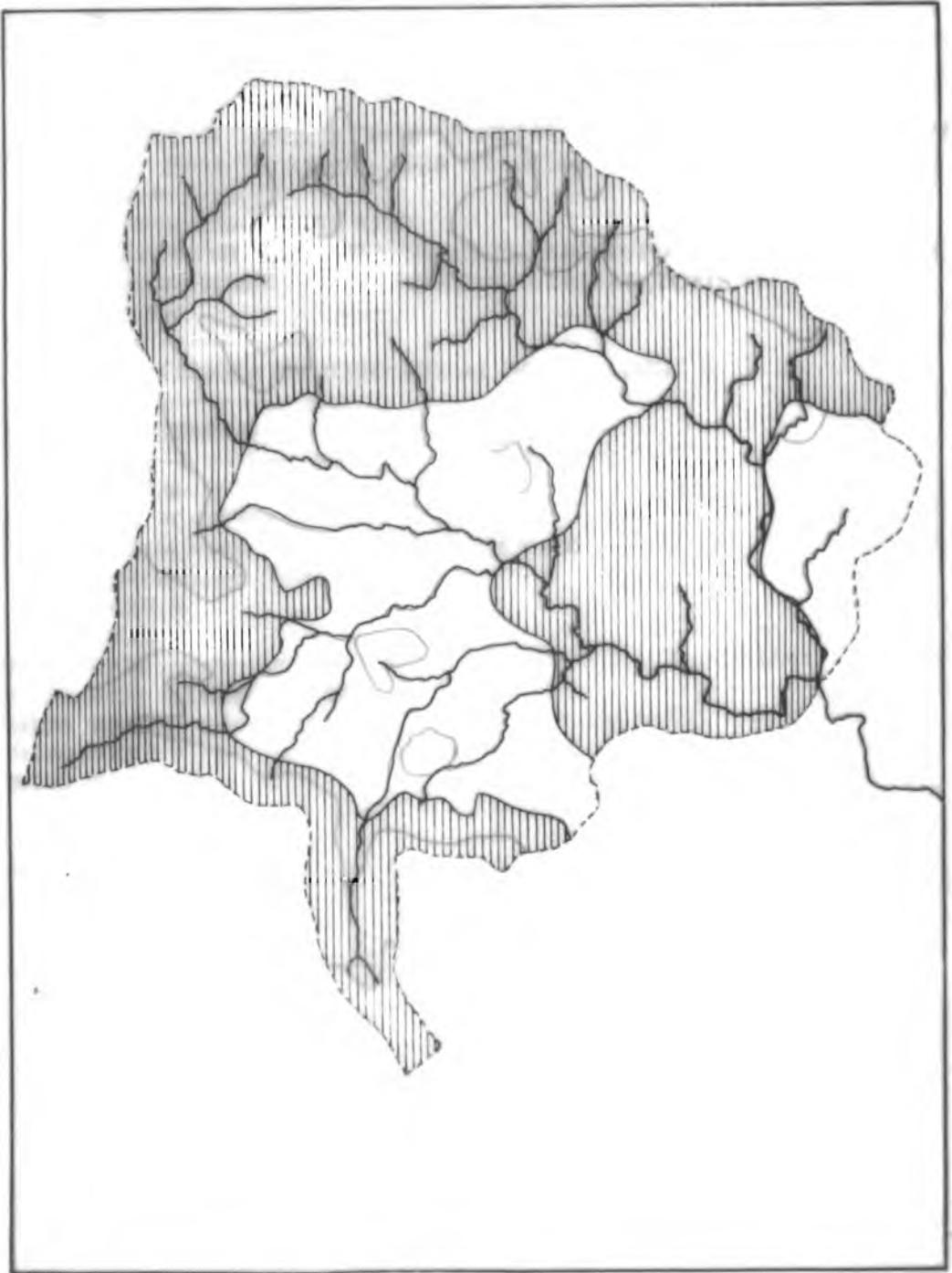


**MAPA 2  
PENDIENTES**



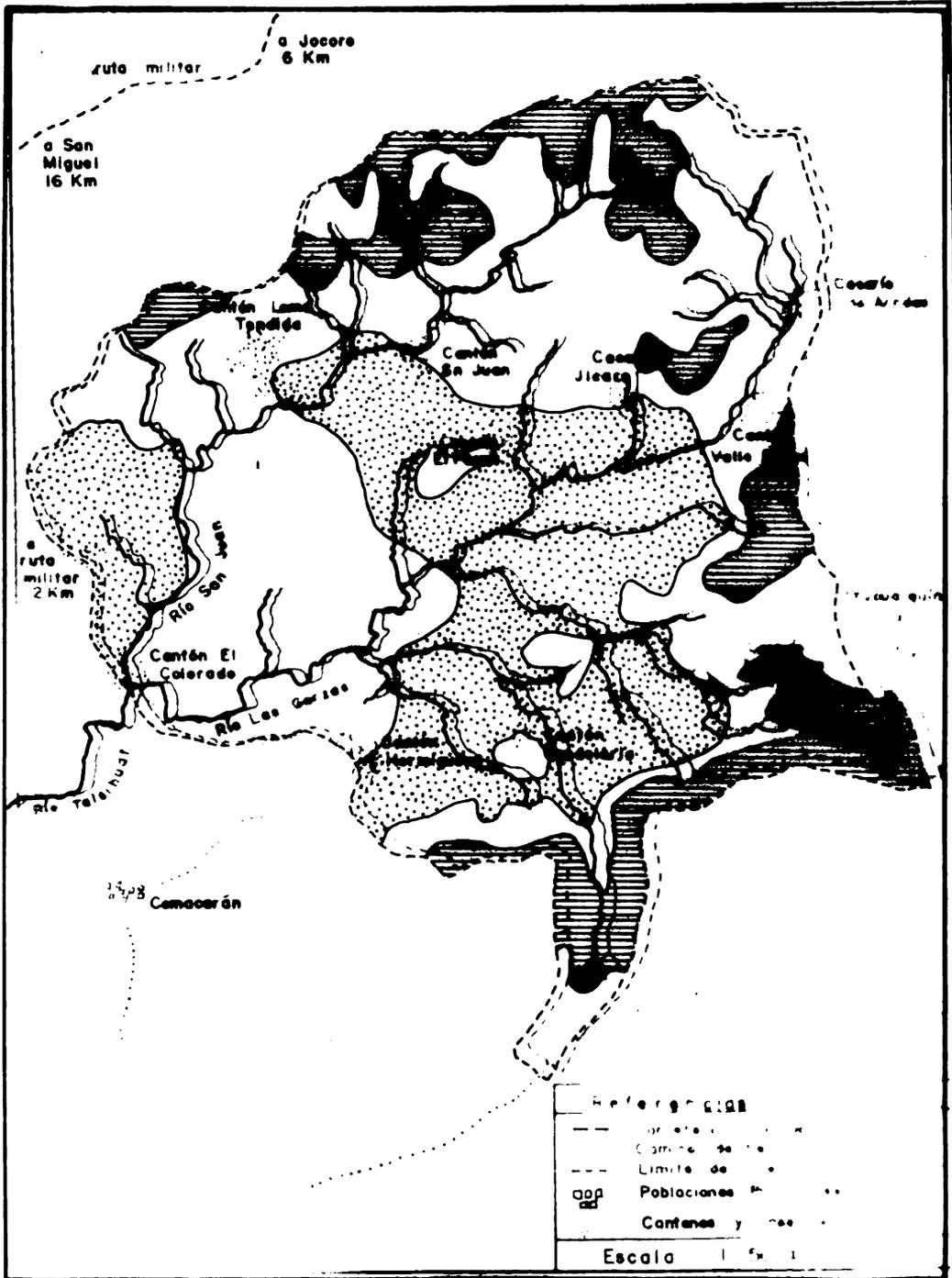
**MAPA 3  
SUELOS**





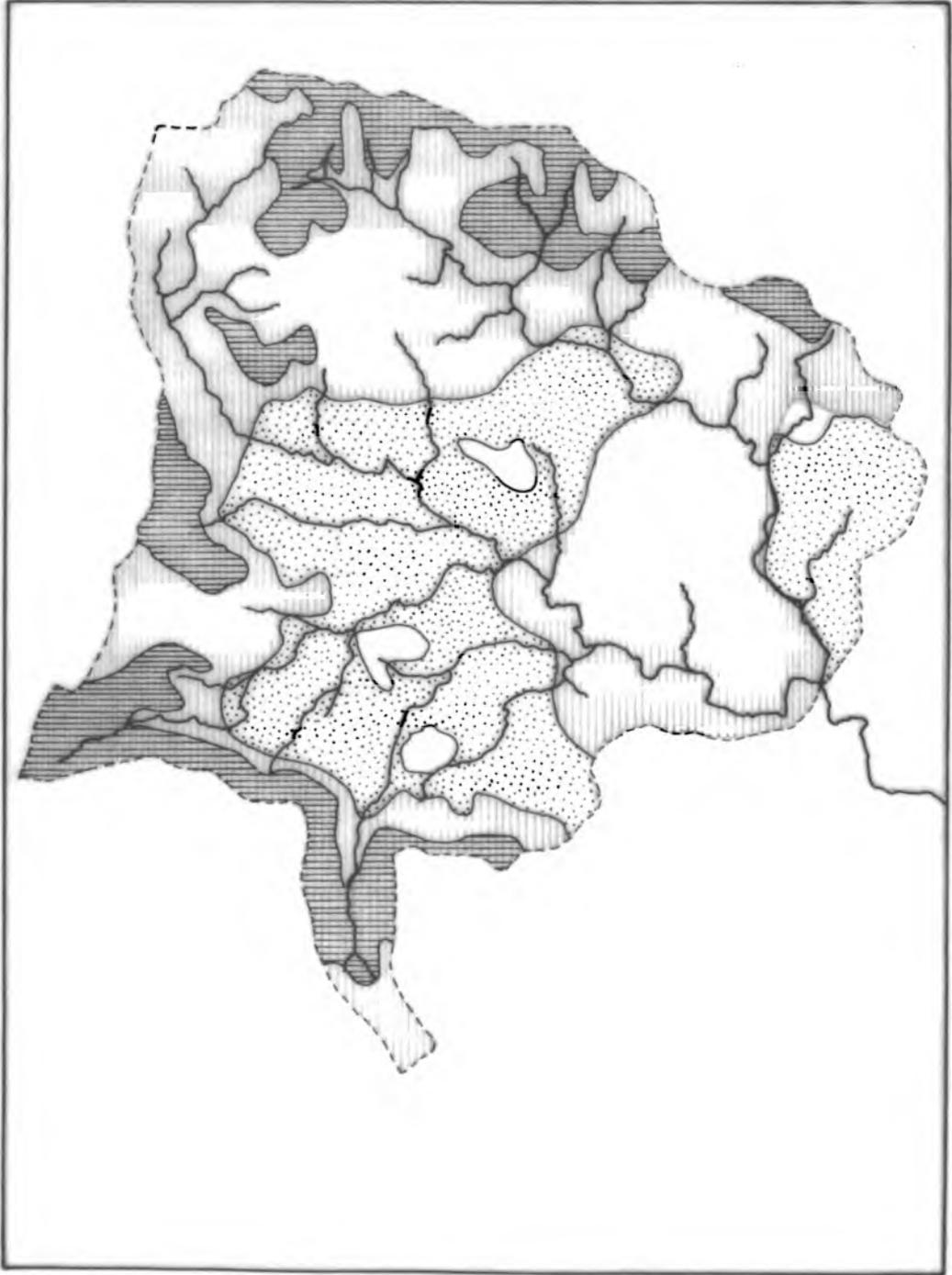
MAP 3  
SOUTH

POD   
QAY



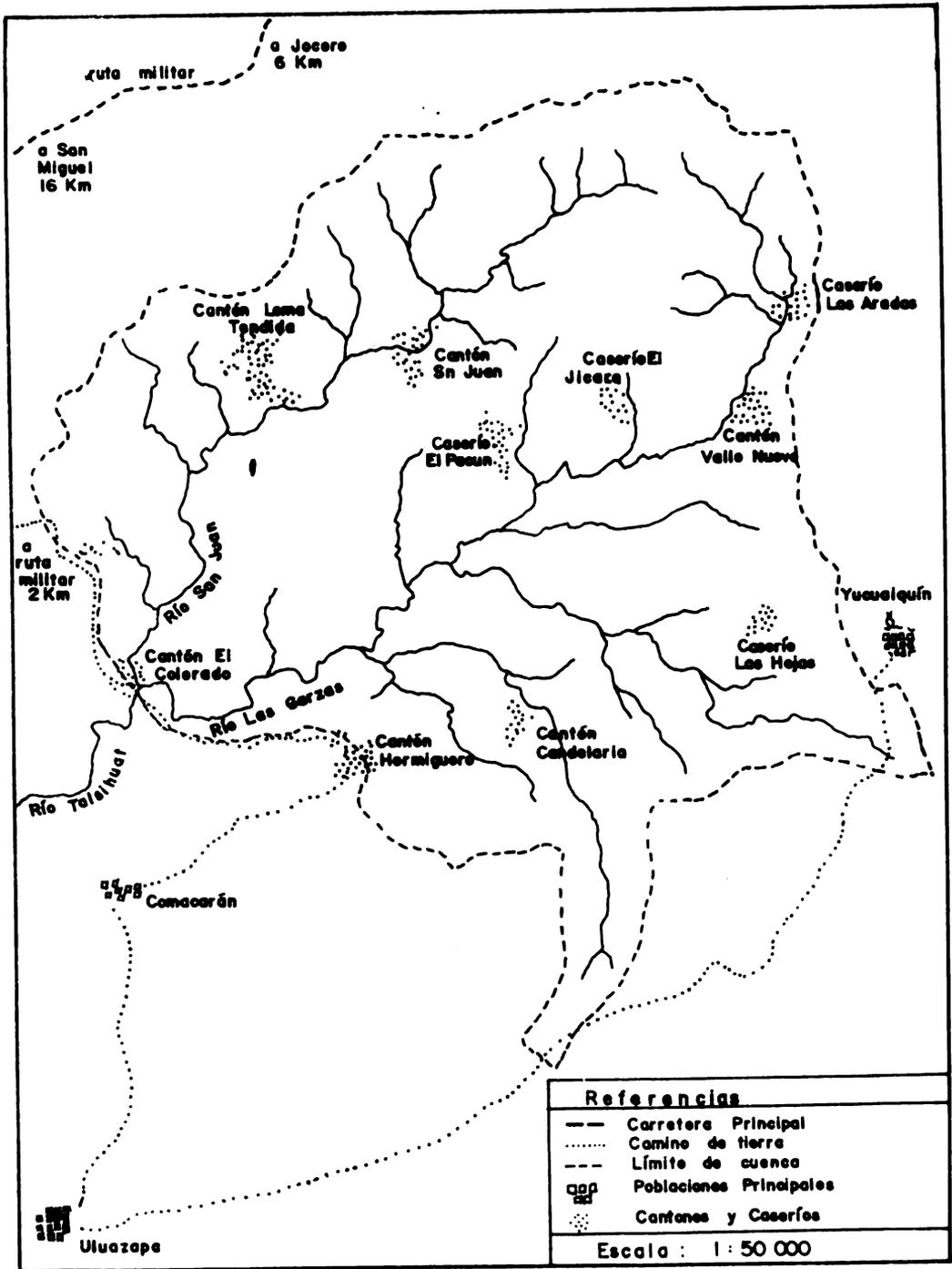
**MAPA 2**  
**PENDIENTES**

-  0 - 10 %
-  10 - 40 %
-  > 40 %



E A 7 A M  
 B U I 7 U C  
 809   
 0 A Y 

S A 7 A M  
 8 7 U B E R 7 A  
 8 0 7 - 0   
 8 0 7 - 0 7   
 8 0 7 < 



MAPA 1





DATE DUE

~~11 JUL 1988~~  
~~14 MAR 1990~~  
 24 NOV 1994  
 1 DESEUJESTO  
~~11 MAR 1990~~  
~~11 JUL 1988~~

CATIE ST 78791

IT-112 IMBACH, ALEJANDRO C.

Autor

Techo, productivo regio-

Título

nal y de las ...

Fecha Devolución

Nombre del solicitante

~~11 JUL 1988~~

~~García~~  
~~Alfaro~~

78791

14 MAR 1990

ALFARO

24 NOV 1994

~~Alfaro~~

1 DESEUJESTO



ISBN 9977-57-