

Modelacion de agrosistemas con programacion lineal y Monte Carlo para el partido de Coronel Rosales, Argentina

Agrosystems modelation by linear programming and Monte Carlo in Rosales county, Argentina

A. O. Gargano ¹, M. A. Adúriz ¹ y M. C. Saldungaray ¹

Resumen

El objetivo de esta tercera etapa del estudio en el Partido de Coronel Rosales (Argentina) fue la elaboración de modelos alternativos cuyos índices productivos y económicos debían ser más altos que los hallados en los sistemas actuales. Para ello se utilizó la secuencia Programación Lineal y Monte Carlo con la cual se podrían obtener numerosos modelos cercanos al óptimo. Los promedios de carga animal (EV/ha), producción de carne (kg/ha), eficiencia del ganado (%) y margen bruto total (\$/ha) fueron, respectivamente, en el área 1: 0,84; 137,3; 48,4 y 14,1; y en el área 2: 0,77; 112,7; 42,2 y 8,0. Todos los parámetros citados superaron ampliamente a los de los sistemas reales. Los resultados demostraron la factibilidad de obtener modelos sostenibles que mejoren productiva y económicamente a los actuales en base a tecnologías difundidas y de bajo costo. Parte de los resultados se discutieron en función de la secuencia metodológica utilizada y ello dio origen a una nueva hipótesis de trabajo.

Palabras clave: Modelos agropecuarios, Programación Lineal, Monte Carlo.

Abstract

The objective of this third part of the study in Coronel Rosales County (Argentina) was the elaboration of alternative models which productive and economic parameters would be higher than those of the real systems. Methodological sequence Linear Programming and Monte Carlo was employed to obtain numerous models near the optimum. Averages stocking rate (cow equivalent/livestock ha), beef production (kg/livestock ha), stock efficiency (%), and total gross margin (\$/ha) were, in area 1: 0.84, 137.3, 48.4, and 14.1; and in area 2: 0.77, 112.7, 42.2, and 8.0, respectively. All the parameters exceeded real systems ones. Results showed that it is possible to obtain sustainable models that improve

Recibido el 02-09-1997 • Aceptado el 05-05-1999

1. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. 8000 - Bahía Blanca, Argentina. E-mail: saldunga@criba.edu.ar

productive and economicly the actual ones based on known technologies and of low costs. Part of the results were discussed in function of the methodological sequence and arised a new work hypothesis.

Key words: Farming models, Linear Programming, Monte Carlo.

Introducción

El presente trabajo corresponde a la tercera y última etapa del Proyecto en el Partido de Coronel Rosales (Argentina) cuya hipótesis básica fue que la productividad física de los agrosistemas predominantes actuales era inferior a la potencial. Dada la complejidad de los estudios previstos fue necesario plantear etapas. En la primera se tipificaron y describieron en forma general los sistemas predominantes en base a encuestas efectuadas a los productores (11). En la segunda etapa dichas encuestas permitieron indagar en profundidad a los "sistemas tipo" y se determinaron sus índices físicos agropecuarios más trascendentes y sus márgenes brutos agrícolas, ganaderos y totales (12). Asimismo, se definieron parámetros tecnológicos que serían necesarios para establecer algunos de los supuestos de cálculo para la modelación de sistemas.

El objetivo de esta etapa final fue la elaboración de modelos alternativos cuyos índices productivos y económicos debían ser más altos que los hallados en los sistemas actuales a fin de promover la adopción de los mismos por parte de los productores. Los modelos debían responder a dos premisas principales. Una, que los supuestos a utilizar se basarían en tecnología probada y de bajo costo, y la otra, que deberían constituir

ecosistemas sostenibles. Esto último estaría sustentado por el efecto que tienen sobre el suelo las rotaciones de cultivos que combinan especies perennes de leguminosas y gramíneas. Los beneficios de las rotaciones sobre las propiedades del suelo y la productividad son vastamente reconocidas y fueron reportadas recientemente en una amplia revisión bibliográfica (13).

Las Programaciones Lineal y Monte Carlo son dos conocidas técnicas empleadas para modelar. Cada una tiene ventajas e inconvenientes que fueron ampliamente explicadas por Barnard y Nix (2). Lo más destacable en tal sentido es que en cada procesamiento o «corrida» de la matriz, la Programación Lineal determina el modelo óptimo y Monte Carlo varios modelos subóptimos. En un trabajo previo se empleó para modelar la secuencia Monte Carlo - Programación Lineal y si bien se consideró recomendable esa combinación, la Programación Lineal desechó actividades debido a sus márgenes brutos y redujo el espectro de modelos alternativos (9). A fin de evitar esa limitante en este trabajo se empleó la secuencia inversa, Programación Lineal - Monte Carlo, con lo que se podrían obtener numerosos modelos cercanos al óptimo.

Materiales y métodos

La tipificación de sistemas predominantes y la determinación de sus parámetros físicos y económicos en el Partido de Coronel Rosales pusieron en evidencia marcadas diferencias entre sus dos áreas edáficas homogéneas (11, 12). En base a estos resultados se decidió modelar separadamente cada área. A partir de la información proveniente de tres orígenes: las mencionadas encuestas, un trabajo inédito (3) y el aporte de informantes calificados, se elaboraron los supuestos empleados en las matrices. Dado que los cálculos requeridos para definir las actividades y las restricciones fueron numerosos y extensos, se hará una sucinta presentación de los mismos.

Supuestos tecnológicos.

De acuerdo con las conclusiones del segundo trabajo (12), en el área 1 los modelos serán mixtos con predominio de ganadería vacuna para carne y agricultura triguera en porcentaje inferior al actual (11). En el área 2 los modelos serán sólo ganaderos de vacunos para carne. A pesar de la existencia de sistemas lecheros en esta área (11), se decidió postergar su modelación a fin de realizarla en un estudio regional específico que incluirá el universo de dichos sistemas en los linderos Partidos de Coronel Rosales y Bahía Blanca. La superficie modal fue de 500 ha.

1. Destino del suelo.

En el cuadro 2 se indican las superficies rotables y no rotables y el destino de las mismas para las dos áreas edáficas.

A partir de esa información se planearon las rotaciones y secuencias de cultivos. A modo de ejemplo en el cuadro 1 se presenta una rotación y su secuencia para cada una de las dos áreas.

La secuencia del área 1 se asignó a los subsistemas ganaderos de cría-recría-engorde.

En los de cría-recría se excluyó el verdeo de verano y en los de cría, además, una unidad de avena. Esto se compensó con un aumento de las forrajeras no rotables.

La secuencia del área 2 más las forrajeras no rotables será destinada a la cría-recría vacuna. Para la cría exclusiva se destinará a avena 15 a 20 % de la superficie y el resto serán las forrajeras no rotables.

2. Subsistemas.

2.1. Ganaderos.

Supuestos de los vacunos de carne comunes a ambas áreas:

Servicio natural: diciembre-enero-febrero, 3% de toros.

Preñez: 90%, tacto rectal a principios de mayo.

Parición: 86%, setiembre-octubre-noviembre.

Destete: 82%, común a principios de abril y precoz a principios de enero.

Mortandad de vacas: 2%.

Descarte de vacas: al servicio 9% de viejas y 2% de nuevas, al tacto 6% de nuevas y 1% de viejas. Venta al tacto con los siguientes pesos: vacas nuevas entre 310 y 425 kg, vacas viejas entre 390 y 425 kg, según fechas de descarte, y toro rechazo con 545 kg.

Reposición con vaquilloras

Cuadro 1. Ejemplo de rotación y secuencia para cada área

Area 1										
años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
cultivos	P	P	P	P	P	Av	T	T	Av/VV	T
Area 2										
años	1	2	3	4						
cultivos	AvVi	AvVi/VV	Av	Av						

P = pastura permanente: alfalfa (*Medicago sativa*), festuca alta (*Festuca arundinacea*) o pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) y cebadilla criolla (*Bromus unioloides*). Pastoreo. Av = avena (*Avena sativa*). Pastoreo. La del año 9 se rotura en octubre para sembrar el VV. Vi = vicia (*Vicia sativa*). Pastoreo y rollos. VV = verdeo de verano; moha (*Setaria italica*) o mijo (*Panicum miliaceum*). Pastoreo. T = trigo (*Triticum aestivum*). Cosecha.

propias: 20% (18% de descarte y 2% de mortandad) y primer servicio a los 15 meses.

Los requerimientos nutritivos se expresaron en Equivalentes vaca (EV)/vientre/trimestre. El vientre representa la sumatoria de las proporciones de EV de todas las categorías que componen el rodeo. Para calcular los EV se utilizaron tablas (5).

Pesos medios: vacas 400 kg, toros 600 kg, vaquillonas de 15 meses 280 kg y de 27 meses 400 kg, terneros al nacer 25 kg, destete común 6 meses

de edad, 160 kg la hembra y 170 kg el macho, y destete precoz 3 meses y 100 kg por animal.

Suplementación.

a. Crías al pie con destete precoz: afrechillo y grano de avena al 1% del peso vivo desde el segundo mes hasta el destete.

b. Vaquillonas de reposición: afrechillo y grano de avena al 1% del peso vivo desde el destete hasta el primer entore.

c. Animales de engorde: afrechillo y grano de avena al 1% del peso vivo

Cuadro 2. Superficies rotable y no rotable (%) y destino en ambas áreas edáficas.

Superficies	Destino	Areas edáficas	
		1	2
Rotable	Forrajeras (1)	40-60	20-35
	Agricultura	20-30	—
No Rotable	Forrajeras perennes (2)	10-15	45-55
	Campo natural	10-15	20-25

(1) Pasturas permanentes, verdeos invernales y estivales. (2) Pasto llorón (*Eragrostis curvua*) y agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*).

durante el otoño e invierno desde el destete hasta la venta.

d. Utilización de rollos provenientes de las pasturas.

Incrementos de peso de la reposición: en las terneras de destete común y precoz 0,444 y 0,500 kg/día, respectivamente, hasta el primer servicio y 0,333 kg/día de ambos destetes hasta el segundo servicio.

Desbaste: 4% del peso vivo.

Area 1. Subsistemas ganaderos: cría, cría-recría y cría-recría-engorde.

Incrementos de peso a partir del destete: 0,550 y 0,650 kg/día en hembras y machos, respectivamente.

Fechas alternativas de ventas:

1. Hembras y machos a los 6 meses.

2. Hembras a los 6 meses y machos en setiembre.

3. Machos a los 6 meses y hembras en setiembre.

4. Hembras y machos en setiembre.

5. Hembras y machos en diciembre.

6. Hembras y machos en marzo.

7. Hembras en setiembre y machos en diciembre.

8. Hembras en setiembre y machos en marzo.

9. Hembras en diciembre y machos en setiembre.

10. Hembras en diciembre y machos en marzo.

11. Hembras en marzo y machos en setiembre.

12. Hembras en marzo y machos en diciembre.

Estas alternativas se combinaron con los destetes común y precoz, originando los subsistemas ganaderos 1 a 12 y 13 a 24, respectivamente. Los

subsistemas 1 y 13 son de cría, los subsistemas 2, 3, 4, 14, 15 y 16 de cría-recría y los restantes de cría-recría-engorde.

Area 2. Subsistemas ganaderos: cría y cría-recría.

Incrementos de peso a partir del destete: 0,500 y 0,550 kg/día en hembras y machos respectivamente.

Fechas alternativas de ventas:

1. Hembras y machos a los 6 meses.

2. Hembras a los 6 meses y machos en setiembre.

3. Machos a los 6 meses y hembras en setiembre.

Estas fechas combinadas con los destetes común y precoz dieron origen a los subsistemas 1 a 3 y 4 a 6, respectivamente.

Forrajeros. En el cuadro 3 se encuentra la oferta forrajera para ambas áreas. La ración se define como el forraje necesario para satisfacer los requerimientos energéticos de 1 EV/día. El sistema de pastoreo es rotativo.

El destino de los recursos fue: Area 1. Pasto llorón, agropiro, campo natural y rastros de trigo, principalmente para vacas y toros. Pasturas y verdes para las otras categorías. Area 2. Las forrajeras no rotables para categorías y/o períodos con bajos requerimientos y los verdes para altos requerimientos.

Los rollos permitirán cubrir períodos de baja producción de forraje.

Agrícola. Los supuestos surgieron de la tecnología utilizada por los productores de avanzada. El rendimiento de trigo promedio fue de 1.700 kg/ha.

Supuestos económicos. Se determinaron los márgenes brutos

Cuadro 3. Oferta forrajera en ambas áreas edáficas (raciones/ha).

Recursos forrajeros	Areas	
	1	2
Pasturas permanentes implantación	200	—
Pasturas permanentes producción	400	—
Pasturas permanentes degradadas	280	—
Avena	300	250
Avena (roturación octubre)	250	—
Moha o Mijo	200	—
Rastrojo trigo	70	—
Agropiro alargado	180	180
Pasto llorón	320	320
Pasto llorón + alfalfa	—	360
Campo natural	100	100
Avena + <i>Vicia</i>	—	310

agrícolas (MBA), MB ganaderos (MBG) y MB totales (MBT).

$MB (\$/ha) = \text{Ingresos netos } (\$/ha) - \text{Costos directos } (\$/ha).$

Se utilizaron precios promedios históricos expresados en pesos de 1960, obtenidos de una base de datos propia elaborada con la serie de precios agropecuarios de la asociación argentina de consorcios regionales de experimentación agrícola (1) y la Revista CREA de la misma Asociación. Los precios fueron deflacionados con el

Índice de precios mayoristas nivel general. Los MB de los subsistemas ganaderos no incluyeron los costos de los recursos forrajeros porque en las matrices deben estar separados.

En primer lugar se diseñaron y procesaron las matrices de Programación Lineal y a partir de éstas las correspondientes a Monte Carlo. A manera de ejemplo se presenta sólo una matriz Monte Carlo para el área 1 (cuadro 4).

Resultados y discusión

En cada área se efectuaron numerosos procesamientos de las matrices de Programación Lineal (PL) a fin de elegir los subsistemas ganaderos de más altos MBT. Esos subsistemas fueron incorporados a la matriz Monte Carlo (MC) que fue sometida a 10 procesamientos de 2.000 iteraciones

cada una y se eligieron 5 modelos o planes por procesamiento. Como alguno de los subsistemas elegidos con PL no estaban en las salidas MC fue necesario confeccionar otras dos matrices a fin de contar con planes que los contuvieran. En total se calcularon 60.000 modelos y se presentarán sólo

Cuadro 4. Matriz Monte Carlo para el subsistema de cría-recrea del área 1 de Coronel Rosales.

Márgenes brutos (\$/ha)	Actividades primarias																
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17
Restricciones	-3,0	-5,4	0	0	0	-6,5	-6,5	-0,6	-0,8	0	25,9	19,8	17,1	21,5	17,8	15,1	19,6
Tierra 500 ha >=	1	1				1	1	1	1	1	1						
Forraje otoño 0 >=	-70	-70	-1			-30	-30	-100	-45	-20	98	90	106	98	90	106	106
Forraje invierno 0 >=	-35	-35		-1		-140	-140	-25	-25	-70	110	102	119	111	102	120	120
Forraje primavera 0 >=	-115	-35				-130	-80	-85	-90	-10	109	109	109	109	109	109	109
Forraje verano 0 >=	-70	-70			-1			-100	-20		-70	123	123	103	103	103	103
Rollos (raciones) 0 >=		-80	1	1	1												
Máx. perennes 75 ha >=								1	1								
Nivel mínimo	100	0	0	0	0	25	25	50	50	50	100	130	130	130	130	130	130
Nivel máximo	250	50	4000	4000	4000	50	50	75	75	75	150	250	250	250	250	250	250

x1: pasturas forraje; x2: pasturas forraje y rollos; x3, x4 y x5: utilización rollos otoño, invierno y verano, respectivamente; x6: avena; x7:avena (roturación octubre); x8: pasto llorón; x9: agropiro; x10: campo natural; x11: trigo; x12 a x18: subsistemas ganaderos 2, 3, 4, 14, 15 y 16, respectivamente.

15 y 10 para las áreas 1 y 2, respectivamente. Esta selección final se efectuó sobre modelos que debían responder a las siguientes premisas: altos MBT, diferentes actividades y susistemas ganaderos, y un excedente forrajero que no superara el 10 % de la oferta total.

Descripción tecnológica de los modelos. En los cuadros 5 y 6 se presentan las descripciones de los modelos correspondientes a las áreas edáficas homogéneas 1 y 2, respectivamente.

Los 15 modelos seleccionados para el área 1 están agrupados según los subsistemas ganaderos de la siguiente manera: a) 1 al 8 de cría-recría-engorde (CRE), b) 9 al 13 de cría-recría (CR) y c) 14 y 15 de cría (C). Cada grupo está ordenado por MBT decrecientes. La agricultura fue exclusivamente triguera y ocupó, prácticamente, toda la superficie permitida (30 %) debido a que sus MBA fueron superiores a los MBG.

Las cadenas de pastoreo dependieron principalmente de los subsistemas ganaderos, como se indicó en la metodología.

Los modelos provenientes del procesamiento inicial de las matrices excluyeron al agropiro debido a que fue preferido el pasto llorón el cual combinó mayor oferta y menor costo por unidad de superficie. La presencia del agropiro en los modelos 5 y 7 se logró merced a una modificación de la matriz que obligó su incorporación. La presencia del campo natural en todos los modelos, con un nivel cercano al máximo permitido en la matriz (15 %), fue también obligada debido a la existencia de áreas no arables en los sistemas de

Coronel Rosales (12).

Aun cuando se seleccionaron modelos de amplio espectro en el uso estacional de rollos, prevalecieron en el invierno por ser la estación de menor productividad forrajera.

Cabía esperar que el número de vientres en los subsistemas de CRE fuera inferior al de los de CR y C porque el engorde implicaba un mayor número y tiempo de retención de terneros y terneras. Esto último, aparece también como causa central de la marcada oscilación de los excedentes forrajeros en la CRE (1,5 a 9,1 %) y un bajo excedente representa un factor de riesgo potencial para el modelo.

El análisis de la composición de los modelos del área 2 (cuadro 6), que fueron exclusivamente ganaderos, evidencia marcadas diferencias en los recursos forrajeros con respecto al área 1 como consecuencia de sus mayores limitaciones edáficas (11). Se destaca la presencia de asociaciones anuales de avena-*Vicia* y perennes de pasto llorón-alfalfa, y una mayor superficie de campo natural. La inclusión del agropiro debió forzarse en la matriz, igual que en el área 1. El número de vientres superó al de los modelos del área 1 porque no se hace agricultura y, por último, los excedentes forrajeros fueron comparativamente inferiores.

Indices físicos y márgenes brutos. En general, los valores de carga animal están correlacionados con los de producción de carne (cuadro 7). Estos índices muestran similar tendencia declinante, sobre todo dentro de cada subsistema ganadero. En cambio, la eficiencia del ganado no siempre tuvo un comportamiento

Cuadro 5. Descripción tecnológica de los modelos para el área 1.

Subsistema Ganadero	Cría-recría-engorde							Cría-recría							Cría		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Modelo N°																	
Actividades																	
Agricultura (%)	29	30	29	29	30	29	30	29	28	28	29	28	30	28	29		
Trigo	29	30	29	29	30	29	30	29	28	28	29	28	30	28	29		
Ganadería (%)	71	70	71	71	70	71	70	71	72	72	71	72	70	72	71		
Superficie rotable																	
Pasturas forraje	20	21	21	26	21	21	23	23	25	23	23	24	22	21	22		
Pasturas forraje y rollos	5	8	4	2	7	3	4	8	4	4	1	9	3	5	8		
Avena	9	5	7	7	5	9	5	6	13	14	15	11	13	10	7		
Avena (roturación octubre)	6	8	6	9	6	7	6	8	-	-	-	-	-	-	-		
Mijo	5	5	6	5	7	5	6	6	-	-	-	-	-	-	-		
Superficie no rotable																	
Campo natural	12	13	13	11	12	12	13	10	11	12	12	15	10	13	14		
Pasto llorón	14	10	14	11	7	14	7	10	19	19	20	13	24	23	20		
Agropiro	-	-	-	-	5	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-		
Rollos utilización (raciones)																	
Otoño	0	163	0	0	704	0	0	0	0	0	500	993	509	0	0		
Invierno	1537	1537	1600	0	2016	1040	1600	3120	1900	0	0	3603	421	2160	3040		
Verano	303	1500	0	800	0	0	0	0	0	1800	0	104	470	0	0		
Vientres (cantidad)	194	188	188	184	178	193	177	194	212	224	226	212	226	248	235		
Fechas de venta	12	7	18	10	5	22	24	11	4	2	14	16	3	1	13		
Forraje excedente (%)	2,8	8,2	1,5	3,4	9,0	3,8	9,1	6,3	6,6	5,0	8,4	6,2	8,3	2,3	8,9		

Cuadro 6. Descripción tecnológica de los modelos para el área 2.

Subsistema ganadero	Cría-recría										Cría		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8	9	10
Modelo N°	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ganadería (%)	12	16	11	16	11	13	10	14	12	14	14	12	14
Superficie rotable	16	10	12	16	14	11	15	10	10	10	10	10	10
Avena													
Avena-Vicia													
Superficie no rotable	22	20	21	24	21	22	20	21	21	21	21	21	21
Campo natural	0	34	45	0	16	20	21	24	23	24	24	23	16
Pasto llorón	50	20	0	44	26	34	24	31	34	31	34	34	27
Pasto llorón-alfalfa	0	0	11	0	12	0	10	0	0	0	0	0	12
Agropiro													
Rollos utilización (raciones)													
Otoño	2900	0	0	4210	1546	0	1143	0	0	0	1143	0	1676
Invierno	3500	4000	4880	2190	3974	4560	4857	2530	3225	2530	4857	3225	2234
Verano	0	0	0	0	0	0	0	1550	935	1550	0	935	0
Vientres (cantidad)	307	311	271	311	283	312	306	318	315	318	306	315	316
Fechas de venta	2	3	2	5	5	6	6	1	4	1	6	4	4
Forraje excedente (%)	1,8	1,2	2,8	2,2	5,1	6,1	2,9	4,0	10,0	4,0	2,9	10,0	2,1

Cuadro 7. Índices físicos, márgenes brutos y promedios de los sistemas reales y diferencias con los óptimos del área 1.

Modelos	Carga		Prod. de carne kg/ha	Efic. del ganado %	Márgenes brutos (\$/ha)		Difer. MBT con Prog. Lineal (%)	
	Animal EV/ha				Ganadero	Agrícola		Total
1	0,89		152,0	53,4	10,9	25,9	15,2	2,5
2	0,82		139,2	53,9	9,9	25,9	14,6	3,1
3	0,90		156,9	45,6	9,9	25,9	14,6	2,0
4	0,88		152,6	52,8	9,8	25,9	14,5	3,5
5	0,80		136,9	54,2	9,4	25,9	14,3	4,1
6	0,89		154,4	46,2	9,5	25,9	14,2	2,6
7	0,80		137,1	46,9	9,2	25,9	14,1	3,6
8	0,84		140,6	52,5	9,3	25,9	14,1	3,3
9	0,84		139,3	52,9	10,0	25,9	14,5	6,5
10	0,84		135,3	49,5	9,7	25,9	14,3	5,4
11	0,85		133,3	45,8	8,8	25,9	13,8	4,4
12	0,83		135,7	48,3	8,9	25,9	13,7	6,1
13	0,82		121,9	44,5	8,5	25,9	13,7	3,2
14	0,82		116,4	40,7	8,2	25,9	13,2	4,1
15	0,78		107,6	39,1	6,6	25,9	12,2	4,7
x	0,84		137,3	48,4	9,2	25,9	14,1	3,9
x sist. reales	0,62		88,5	37,3	7,0	15,4	10,0	

equivalente al de los dos primeros índices. Muestra de ello es el modelo 5 que, dentro de la CRE, tuvo los valores más bajos de carga animal y producción de carne pero su eficiencia del ganado fue la más alta. Esto relativiza la importancia de este índice por sí mismo en coincidencia con resultados previamente encontrados (8, 12). Los MBG también tuvieron en general una tendencia decreciente dentro de los subsistemas. Los promedios de carga animal, producción de carne y MBG fueron, respectivamente, en CRE: 0,85; 146,2 y 9,7, en CR: 0,84; 108,7 y 9,2 y en C: 0,80; 112 y 7,4. Quedó evidenciada la superioridad media de la CRE pero deben destacarse los altos MBG de los modelos 9 y 10, de CR, que demuestran que la CRE puede ser superada en términos económicos. Ello se explica principalmente porque los costos de la cadena forrajera de la CR fueron inferiores ya que no incluyó el mijo y empleó una mayor superficie de pasto llorón cuyo costo fue una baja cuota de amortización. Dichas diferencias entre CRE y CR también fueron halladas en los Partidos de Guaminí (9) y Puán (10) que poseen características climáticas y edáficas superiores o similares, respectivamente, a las de Coronel Rosales. Debe destacarse que la variable destete común o precoz no tuvo incidencia sobre los índices físicos ganaderos y sus MB. Es probable que los supuestos empleados en los cálculos hayan encubierto la incidencia de esta técnica de manejo.

Dado que el trigo fue el único cultivo de cosecha, todos los MBA fueron idénticos y, como la superficie agrícola osciló sólo entre 1 y 2 puntos

en los modelos, las diferencias entre los MBT respondieron básicamente a los MBG.

En la última columna del cuadro 6 se presentan las diferencias entre los MBT de los modelos obtenidos con PL y luego con MC que, en promedio, fue de 3,9 % y la matriz utilizada de 6 x 20. Este valor resultó sustancialmente inferior al promedio de 12 % encontrado en el Partido de Guaminí (9) con matrices de 15 x 40 que se obtuvo mediante la secuencia metodológica inversa, es decir, primero modelación MC y luego PL. Esta combinación de métodos fue utilizada por Donaldson y Webster (6) quienes, con 2.000 iteraciones, hallaron diferencias que pasaron del 2,2 % al 10,3 % al aumentar el tamaño de las matrices de 9 x 12 a 36 x 60. En otro análisis, estos mismos autores observaron en una matriz de 13 x 10 una reducción de las diferencias del 3,5 % al 1,4 % al incrementar el número de iteraciones de 1.000 a 4.000. A su vez, Casás (4) encontró diferencias que oscilaron entre 11 y 26 % con una matriz de 8 x 14 y 1.000 iteraciones. Estos resultados estarían indicando que es necesario combinar matrices relativamente chicas con alto número de iteraciones si el objetivo fuera la obtención de modelos cercanos al óptimo. No obstante, es probable que otras dos variables hayan contribuido a alcanzar dicho objetivo en este trabajo con respecto a los resultados obtenidos en el mencionado Partido de Guaminí. Una, es que se utilizó la secuencia PL-MC, recomendada explícitamente por Casás (4) y la otra, que el programa MC aquí empleado fue corregido y mejorado por Gardián (7). Sería posible

dilucidar esta hipótesis mediante un nuevo procesamiento de las mismas matrices pero modelando primero con MC y luego con PL.

Especial énfasis merece la comparación de los índices promedios de los modelos con respecto a los provenientes de los sistemas reales. Tanto los índices físicos como los MBT de los modelos revelaron una manifiesta superioridad que demuestra que es factible la superación de los sistemas reales mediante la integración de tecnología de insumos y procesos actualmente disponibles y de bajo costo.

Los índices ganaderos del área

2 evidenciaron un comportamiento equivalente a los del área 1, inclusive en lo referente a la magnitud de la superioridad de los promedios de los modelos respecto de los reales (cuadro 8). La principal diferencia encontrada entre ambas áreas es que, como consecuencia de las mencionadas limitaciones edáficas del área 2, los niveles medios de los índices fueron considerablemente inferiores a los del área 1. Los valores de la última columna indican que estos modelos estuvieron aún más cerca de los óptimos que los del área 1.

Cuadro 7. Índices físicos, margen bruto total y promedios de los sistemas reales y diferencias con los óptimos del área 2.

Modelos	Carga Animal EV/ha	Prod. de carne kg/ha	Efic. del ganado %	Margen bruto total \$/ha	Difer. MBT con Prog. Línea (%)
1	0,82	128,1	47,9	9,6	2,5
2	0,78	116,5	44,1	8,9	2,1
3	0,73	113,1	47,9	8,8	4,7
4	0,81	123,3	42,6	8,2	2,2
5	0,74	112,2	42,6	7,7	3,8
6	0,77	112,2	40,3	7,7	2,7
7	0,76	110,0	40,3	7,4	2,7
8	0,76	107,5	40,7	8,2	1,2
9	0,74	102,1	37,9	6,9	0,9
10	0,74	102,4	37,9	6,9	2,4
x	0,77	112,7	42,2	8,0	2,2
x sist. reales	0,58	68,9	29,1	5,7	..

Conclusiones

Se aceptó la hipótesis de la existencia de una brecha entre los índices físicos y económicos actuales y

potenciales y se alcanzó el objetivo de obtener modelos sustancialmente superiores a los actuales mediante

tecnologías disponibles para el productor y de bajos costos.

La secuencia de modelación Programación Lineal - Monte Carlo permitió primero seleccionar numerosos modelos óptimos que evidenciaron tener factibilidad de aplicación y posteriormente ampliar a discreción el espectro de modelos subóptimos. Esta combinación metodológica para modelar se presenta como especialmente recomendable en estudios de planeamiento regional donde cada productor tendría la posibilidad de adoptar el modelo que

mejor responda a sus intereses y objetivos.

Los MBT de los 25 modelos Monte Carlo presentados estuvieron, en promedio, sólo 3,3 % debajo de los óptimos de Programación Lineal. Estos resultados mejoraron ostensiblemente los obtenidos en un trabajo previo y sugirieron la hipótesis que la secuencia metodológica y la corrección del programa Monte Carlo, aquí utilizados, han contribuido a las marcadas diferencias. Esto se podría dilucidar mediante un estudio analítico complementario.

Literatura citada

1. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola. 1983. Serie de Precios Agropecuarios, 103 pp.
2. Barnard, C.S. y J.S. Nix. 1984. Otras técnicas de planificación. In: Planeamiento y Control Agropecuarios. Ed. Atenco, Buenos Aires, pp. 374-396.
3. Cagnoni, N. 1995. Determinación de la unidad económica en Coronel Rosales. Ministerio de Asuntos Agrarios y Pesca de la Provincia de Buenos Aires. Mimeo, 61 pp.
4. Casás, B.R. 1980. Aspectos económicos de la generación, difusión y adopción de tecnologías agropecuarias. In: Enfoque de sistemas en la investigación ganadera. Silva, G.M. y M.A. Mansilla (Eds.). Cap. XV. Santiago, Chile.
5. Cocimano, M.A., Lange, A. y E.E. Menvielle. 1983. Equivalencias ganaderas para vacunos de carne y ovinos. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola, 32 pp.
6. Donaldson, G.F. y J.P.G. Webster. 1968. An operating procedure for simulation farm planning. Monte Carlo method. Bulletin 18, Department of Economics, Wye College. University of London, 25 pp.
7. Gardián, F.C. 1996. Simulación Monte Carlo aplicado a la planificación agropecuaria. Seminario Proyecto de software. Univ. Nac. del Sur. Mimeo, 34 pp.
8. Gargano, A.O., Adúriz, M.A. y M.C. Saldungaray. 1989. Sistemas de producción en la mitad norte del Partido de Villarino (Provincia de Buenos Aires). 1. Índices físicos. Rev. Arg. Prod. Anim. 9 (2): 135-142.
9. Gargano, A.O., Adúriz, M.A. y M.C. Saldungaray. 1996. Modelación agropecuaria mediante Programación Lineal a partir de modelos Monte Carlo para el Partido de Guaminí (Pcia. de Buenos Aires). Rev. Facultad Agronomía (Buenos Aires) 16 (3): 147-154.
10. Gargano, A.O., Adúriz, M.A. y M.C. Saldungaray. 1996. Modelos agropecuarios sostenibles obtenidos con Programación Monte Carlo para el Partido de Puán, Argentina. AgrosistemICA 1: 81-94

11. Gargano, A.O., Adúriz, M.A. y M.C. Saldungaray. 1997. Tipificación de los agrosistemas de Coronel Rosales, Argentina. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 14 (5): 561-572.
12. Gargano, Saldungaray, M.C. y M.A. Adúriz. 1997. Parámetros físicos y económicos de los agrosistemas del Partido de Coronel Rosales, Argentina. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 14(6): 689-700.
13. Karlen, D.L., Varvel, G.E., Bullock, D.G. y R.M. Cruse. 1994. Crop rotations for the 21st. century. *Adv. Agron.* 53: 1-37.