

MODELACION AGROPECUARIA MEDIANTE PROGRAMACION LINEAL A PARTIR DE MODELOS MONTE CARLO PARA EL PARTIDO DE GUAMINI (PCIA. DE BUENOS AIRES)

A.O., GARGANO, M.A., ADURIZ y M.C., SALDUNGARAY¹

Recibido: 28/08/96

Aceptado: 30/09/96

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue optimizar con Programación Lineal los modelos obtenidos en un trabajo previo con Programación Monte Carlo en el Partido de Guamini (Pcia. de Buenos Aires) y analizar comparativamente la composición tecnológica y las diferencias físicas y económicas de los modelos de ambos métodos. La optimización deshechó aquellas actividades agrícolas y ganaderas de bajos márgenes brutos (MB) por lo que se redujo el espectro tecnológico que ofrecen los nuevos modelos. Alguno de estos modelos óptimos presentaron limitaciones tecnológicas que sugirieron su descarte. Los rendimientos totales de granos (kg/ha), carga animal (EV/ha), producción de carne (kg/ha), eficiencia del stock (%) y MB agrícola, ganadero y total (\$/ha), promedios de los óptimos del Partido de Guamini, fueron: 4,7; 13,9; 13,9; 1,6; 4,4; 18,4 y 11,7 %, respectivamente, más altos que los modelos Monte Carlo. Se concluye que la secuencia metodológica Monte Carlo - Programación Lineal es recomendable para el planeamiento agropecuario a nivel regional y que sería deseable ensayar la Programación Entera que obviaría algunas de las deficiencias encontradas en los modelos.

Palabras clave: Modelos agropecuarios, Programación Lineal.

LINNEAR MONTE CARLO PROGRAMMING MODELS IN GUAMINI (BUENOS AIRES, ARGENTINA) FOR TECHNICAL AND LIVESTOCK ACTIVITIES

SUMMARY

The objective of this work was to optimize by means of Linear Programming the models obtained previously in Guamini (Argentina) through the Monte Carlo Programming and to compare the technological composition and productive and economics differences of models of both methods. Linear Programming eliminated these agricultural and livestock activities with low gross margins (GM) and so the technological spectrum of new models decrease. Some of these optimum models had technological limitations and there were discarded. Total grain yields (kg/ha), stocking rate (cow equivalent/livestock ha), beef production (kg/livestock ha), stock efficiency (%), crop production GM (\$/ha), livestock production GM (\$/ha), and total GM (\$/ha) optimum averages of Guamini were: 4.7; 13.9; 13.9; 1.6; 4.4; 18.4 and 11.7 %, respectively, higher than Monte Carlo models. It can be concluded that the methodological sequence Monte Carlo - Linear Programming are recommended in planning regional production systems and Entere Programming should prevent some deficiencies found in models obtained with those methods.

Key words: Farming models, Linear Programming.

INTRODUCCION

Los métodos para el planeamiento de empresas agropecuarias son numerosos y muchos de ellos tienen como base común la Programación Lineal. Este método, que ha sido y es uno de los más

empleados con dicha finalidad, permite obtener modelos óptimos de maximización o minimización según la función objetivo. Sin embargo, la Programación Lineal tiene limitaciones estructurales propias del método que fueron evaluadas minucio-

¹Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, 8000 Bahía Blanca, Argentina.

samente por Barnard y Nix (1984). La Programación Monte Carlo es un método desarrollado hace aproximadamente tres décadas que fue utilizado por diversos autores para modelar sistemas agropecuarios (Donalson y Webster, 1968; Dent y Byrne, 1969; Actis, 1983; Gargano *et al.*, 1995) pero que aún no alcanzó gran difusión. Deriva de la Programación Lineal y tiene ventajas comparativas como la posibilidad de establecer niveles mínimos y máximos en todas las actividades. Además, una misma matriz se puede "correr" las veces que se desee y obtener 20 modelos diferentes en cada corrida con sólo modificar el generador de números aleatorios y/o el número de iteraciones. Esos 20 modelos resultantes de cada corrida son los de mayores márgenes brutos pero son inferiores al óptimo de la Programación Lineal en porcentajes que, según Barnard y Nix (1984), dependen del número de iteraciones y de la complejidad de la matriz.

El objetivo de este trabajo en el Partido de Guaminí (Pcia. de Buenos Aires) fue optimizar mediante Programación Lineal los modelos obtenidos con Monte Carlo en un trabajo anterior (Gargano *et al.*, 1995) y evaluar comparativamente la composición tecnológica y los índices físicos y económicos de los modelos correspondientes a ambos métodos.

MATERIALES Y METODOS

Las matrices para Programación Lineal fueron, básicamente, las mismas que se utilizaron para obtener los modelos con Programación Monte Carlo en un trabajo previo en el Partido de Guaminí (Pcia. de Buenos Aires), en el que se describieron los supuestos tecnológicos y económicos empleados (Gargano *et al.*, 1995). En ese estudio se prepararon tres matrices para cada una de las tres áreas edáficas homogéneas y se presentaron 10 modelos por área. A efectos de comparar esos 30 modelos con sus respectivos óptimos se efectuó una corrida de Programación Lineal por modelo, para lo cual se necesitaron 30 matrices distintas. Cada matriz incluyó el subsistema ganadero y los submodelos de engorde que correspondieron a cada modelo Monte Carlo, y todas las actividades restantes.

Se utilizó el Programa LINDO y a las salidas descriptivas de las actividades y el margen bruto total de cada modelo, se agregó el cálculo de las siguientes variables: rendimientos totales de granos (kg/ha), carga animal (EV/ha ganadera), producción de carne (kg/ha

ganadera) y márgenes brutos agrícolas, ganaderos y totales (\$/ha). La metodología para estos cálculos fue descrita en una etapa previa (Gargano *et al.*, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSION

Como se ha puntualizado anteriormente, los resultados serán comparados con los obtenidos en un trabajo anterior con el método Monte Carlo (Gargano *et al.*, 1995).

Descripción Técnica de los modelos

Esta información se presenta en los Cuadros N° 1, N° 2 y N° 3, los cuales corresponden a las áreas edáficas homogéneas 1, 2 y 3, respectivamente.

La actividad agrícola en el área 1 fue idéntica en todos los cultivos porque esa resultó la combinación de mayor margen bruto (MB).

La ausencia de avena, como cereal alternativo del trigo, era predecible porque su MB era inferior. Este único submodelo agrícola representa la primera diferencia remarcable de origen metodológico entre la Programación Lineal que elige las actividades en base a los MB, y la Programación Monte Carlo que lo hace al azar. A partir de la matriz utilizada, la única manera de asegurar la incorporación de avena a los modelos hubiera sido forzando su inclusión mediante una restricción de superficie mínima, si bien sólo se habría obtenido un nuevo modelo y con un MB inferior. Otros modelos alternativos se podrían obtener con dicha matriz de Programación Lineal modificando las superficies propuestas, excluyendo el trigo, etc., pero cada nuevo modelo requiere, necesariamente, una corrida de la matriz. Con Monte Carlo se obtuvieron 20 modelos por corrida aunque alguno de ellos fueron descartados por diversas razones (Gargano *et al.*, 1995). En la cosecha gruesa, la restricción fue una superficie máxima igual para cada cultivo pero con una superficie total inferior a la suma de ambos máximos. Luego, como el MB del maíz superó al del girasol, resultó más alta la superficie del primero.

La descripción de la ganadería es más compleja porque está compuesta por los recursos forrajeros y los submodelos ganaderos y de engorde. En sus actividades se observan números con decimales y

ésta es la tercera diferencia con Monte Carlo en el que siempre son enteros. Es necesario destacar que si bien aquí se presentaron cifras enteras o con un decimal, en muchos casos en las salidas de computadora aparecieron hasta seis decimales. Es obvio que la validación real de estos modelos requiere otro redondeo a cifras enteras. Esta desventaja de la Programación Lineal adquiere magnitud en aquellas actividades cuyos porcentajes son relativamente pequeños, verbigracia los recursos forrajeros, donde dicho redondeo sería porcentualmente significativo. Además, si el redondeo involucrara a varias actividades podría implicar una sustancial modificación del modelo que, en consecuencia, dejaría de ser óptimo.

La composición ganadera de alguno de los modelos difiere apreciablemente de los de Monte Carlo (Gargano *et al.*, 1995), a pesar de haberse corrido la misma matriz. Lo más destacable corresponde a los submodelos de engorde que en este estudio pusieron en evidencia que con la venta de novillos comprados en marzo se alcanzó la función objetivo, quedando excluidas las restantes actividades de engorde que integraron los submodelos Monte Carlo. Por esto los modelos 1 y 2 fueron idénticos. El modelo 7 vende solamente vaquillonas porque fue el único submodelo incluido en su matriz. La importancia del engorde quedó demostrada, además, en los modelos 4 a 7 que incluyeron el nivel máximo de animales. Otro aspecto que debe puntualizarse es que algunos modelos son riesgosos debido a la mencionada concentración de compra venta de animales de engorde y al extremadamente bajo excedente forrajero que, incluso, podrían sugerir el descarte de esos modelos.

Esto último le cabría también al modelo 3 por el alto excedente forrajero.

Las observaciones de tipo general anotadas en las descripciones de los modelos del área 1 son extrapolables a las áreas 2 y 3. Cabe agregar que en ambas áreas se ha exacerbado el riesgo que implica un ajustado balance forrajero ya que en promedio el 80 % de los modelos tuvo un excedente inferior al 5 %, lo cual reduce el espectro de modelos recomendables.

Variables técnicas y márgenes brutos de los modelos

Dentro de cada área todos los modelos tuvieron el mismo rendimiento total de granos porque, como se mencionó anteriormente, presentaron idénticos cultivos y superficies. Estos rendimientos fueron: 3.314, 3.138 y 2.158 kg/ha en las áreas 1, 2 y 3, respectivamente y superaron en 3,8; 10,0 y 1,3 %, en el mismo orden, a los promedios Monte Carlo (Gargano *et al.*, 1995). También la carga animal y la producción de carne fueron más altas que las halladas en los modelos Monte Carlo (Cuadro N° 4). Estos incrementos en ganadería no se expresaron en la eficiencia del stock ya que fueron pequeños o nulos según áreas y habla de la escasa trascendencia de este índice, acorde con lo encontrado en otro trabajo (Gargano *et al.*, 1989).

Los señalados resultados físicos de la agricultura se reflejaron en MB idénticos dentro de cada área. Los MB ganaderos superaron a los promedios Monte Carlo en niveles porcentuales considerablemente mayores que en agricultura. No obstante, se debe recalcar que tales diferencias en ganadería son atribuibles en parte a la mayor carga animal y menores excedentes de forraje, que traen aparejado una disminución de la flexibilidad de los modelos. A modo ilustrativo, en las áreas 1, 2 y 3 el forraje excedente promedio fue de 7,2; 3,8 y 2,6 %, respectivamente y en cambio en los modelos Monte Carlo 12,3; 9,9 y 10,9 %, respectivamente.

Los MB de ambas actividades, pero principalmente los de ganadería por su mayor diferencia porcentual y por ser la actividad predominante, explican los altos valores que figuran en la última columna del Cuadro N° 4. Sin embargo, en algunos casos esas diferencias están sobreestimadas porque cuando se eligieron los modelos Monte Carlo una de las variables que se tuvo en cuenta fue que el excedente forrajero oscilara entre 5 y 15 %, y sus MB no siempre fueron los más altos (Gargano *et al.*, 1995). Aún así, si consideramos sólo los MB totales más altos de cada corrida Monte Carlo, que correspondieron a los modelos 1, 4 y 8 de cada área, vemos en el Cuadro N° 4 que las diferencias oscilaron entre 3,5 y 11,6 % inferiores a los óptimos y que el promedio de esos nueve modelos es de 8,4 %. Este porcentaje es similar al encontrado por Donalson

Cuadro N° 1. Descripción de las actividades de los modelos del área 1

| MODELOS SUBSISTEMAS GANADEROS BASICOS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------------------------------|-------------|--------|--------|---------------------------------|---------|---------|-----------------------|---------|---------|---------|
| | — Engorde — | | | -Cria/recría/engorde + Engorde- | | | -Cria/recría/engorde- | | | |
| ACTIVIDADES | | | | | | | | | | |
| AGRICULTURA (%) | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 28,0 |
| TRIGO | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 |
| AVENA | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| GIRASOL | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| MAIZ | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 |
| GANADERIA (%) | 72,0 | 72,0 | 72,0 | 72,0 | 72,0 | 72,0 | 72,0 | 72,0 | 72,0 | 72,0 |
| NO ROTABLE | | | | | | | | | | |
| PASTO LLORON | - | - | - | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| ROTABLE | | | | | | | | | | |
| PASTURA FORRAJE | 51,0 | 51,0 | 53,9 | 24,6 | 25,4 | 40,9 | 37,4 | 36,9 | 39,4 | 37,4 |
| PASTURA FORRAJE Y ROLLOS | 5,0 | 5,0 | 2,1 | 31,4 | 30,6 | 15,1 | 18,6 | 19,1 | 16,6 | 18,6 |
| AVENA FORRAJE | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| MOHA FORRAJE | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 2,5 | 0,0 | 5,2 | 0,0 | 0,0 | 1,7 | 1,2 |
| SORGO FORRAJE | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,5 | 6,0 | 0,8 | 6,0 | 6,0 | 4,3 | 4,8 |
| ROLLOS UTILIZACION (rac.) | | | | | | | | | | |
| OTOÑO | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| INVIERNO | 2475,5 | 2475,5 | 1048,0 | 25138,2 | 19624,2 | 12118,3 | 9839,9 | 11605,2 | 13264,7 | 14878,7 |
| VERANO | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4825,5 | 0,0 | 4997,2 | 3648,1 | 0,0 | 0,0 |
| SUBMODELO GANADERO (N°) | - | - | - | 4 | 8 | 18 | 16 | 9 | 7 | 16 |
| VIENTRES (cantidad) | - | - | - | 338,8 | 295,0 | 242,1 | 225,5 | 313,2 | 326,5 | 339,4 |
| SUBMODELO ENGORDE | | | | | | | | | | |
| COMPRA MARZO | | | | | | | | | | |
| venta nov. SET. (cant.) | 41,8 | 41,8 | - | 200,0 | 200,0 | - | - | - | - | - |
| venta nov. DIC. | 463,3 | 463,3 | 672,3 | - | - | 200,0 | - | - | - | - |
| venta nov. MAR. | 194,8 | 194,8 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| venta vaq. SET. | 0,0 | 0,0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| venta vaq. DIC. | - | 0,0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| venta vaq. MAR. | - | - | - | - | 0,0 | - | 200,0 | - | - | - |
| COMPRA SETIEMBRE | | | | | | | | | | |
| venta nov. MAR. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| venta nov. MAY. | - | - | 0,0 | - | - | 0,0 | - | - | - | - |
| venta vaq. MAR. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| venta vaq. MAY. | - | - | 0,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| FORRAJE EXCEDENTE (%) | 6,6 | 6,6 | 18,5 | 1,2 | 4,4 | 6,1 | 8,4 | 7,8 | 6,7 | 5,9 |

El guión indica que la actividad se excluyó de la matriz y el cero que no fue elegida por el programa.

Cuadro N° 2. Descripción de las actividades de los modelos del área 2

| MODELOS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------------------|-------------|--------|--------|---------------------------------|---------|---------|-----------------------|---------|---------|---------|
| SUBSISTEMAS | | | | | | | | | | |
| GANADEROS BASICOS | — Engorde — | | | -Cria/recría/engorde + Engorde- | | | -Cria/recría/engorde- | | | |
| ACTIVIDADES | | | | | | | | | | |
| AGRICULTURA (%) | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0 | 26,0 |
| TRIGO | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| AVENA | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| GIRASOL | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| MAIZ | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| GANADERIA (%) | 74,0 | 74,0 | 74,0 | 74,0 | 74,0 | 74,0 | 74,0 | 74,0 | 74,0 | 74,0 |
| NO ROTABLE | | | | | | | | | | |
| CAMPONATURAL | - | - | - | 4,0 | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 4,0 | 8,2 | 4,0 |
| PASTO LLORON | - | - | - | 3,4 | 1,1 | 3,2 | 1,7 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| AGROPIRO | - | - | - | 6,6 | 8,9 | 6,8 | 8,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| ROTABLE | | | | | | | | | | |
| PASTURA FORRAJE | 38,9 | 52,6 | 38,9 | 0,0 | 8,2 | 12,0 | 9,1 | 0,0 | 6,2 | 0,0 |
| PASTURA FORRAJE Y ROLLOS | 17,1 | 3,4 | 17,1 | 48,0 | 39,8 | 36,0 | 38,9 | 48,0 | 41,8 | 48,0 |
| AVENA FORRAJE | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 7,8 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 9,0 | 4,0 | 5,3 |
| CENTENO FORRAJE | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| MAIZ FORRAJE | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 4,2 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,8 | 6,7 |
| ROLLOS UTILIZACION (rac.) | | | | | | | | | | |
| OTOÑO | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| INVIERNO | 5973,0 | 1192,7 | 5973,0 | 26400,0 | 21881,0 | 19822,6 | 21395,1 | 26400,0 | 22994,6 | 26400,0 |
| VERANO | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| SUBMODELO GANADERO (N°) | - | - | - | 11 | 14 | 8 | 5 | 13 | 7 | 14 |
| VIENTRES (cantidad) | - | - | - | 256,6 | 201,2 | 177,2 | 195,0 | 317,3 | 267,8 | 297,8 |
| SUBMODELO ENGORDE | | | | | | | | | | |
| COMPRA MARZO | | | | | | | | | | |
| venta nov. SET. (cant.) | 0,0 | - | 0,0 | 208,9 | - | - | - | - | - | - |
| venta nov. DIC. | 405,0 | 463,4 | 405,0 | - | 250,0 | 250,0 | 250,0 | - | - | - |
| venta nov. MAR. | 226,2 | - | 226,2 | - | - | - | - | - | - | - |
| venta vaq. SET. | - | - | - | - | 0,0 | 0,0 | - | - | - | - |
| venta vaq. DIC. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| venta vaq. MAR. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| COMPRA SETIEMBRE | | | | | | | | | | |
| venta nov. MAR. | - | - | - | - | 0,0 | - | - | - | - | - |
| venta nov. MAY. | - | 236,6 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| venta vaq. MAR. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| venta vaq. MAY. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| FORRAJE EXCEDENTE (%) | 5,7 | 7,8 | 5,7 | 0,0 | 2,6 | 4,3 | 3,1 | 1,0 | 3,7 | 4,2 |

El guión indica que la actividad se excluyó de la matriz y el cero que no fue elegida por el programa.

Cuadro N° 3. Descripción de las actividades de los modelos del área 3

| MODELOS SUBSISTEMAS GANADEROS BASICOS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------------------------------|-------------|---------|---------|---------------------------------|---------|---------|-----------------------|---------|---------|---------|
| | — Engorde — | | | -Cria/recría/engorde + Engorde- | | | -Cria/recría/engorde- | | | |
| AGRICULTURA (%) | 24,0 | 24,0 | 24,0 | 24,0 | 24,0 | 24,0 | 24,0 | 24,0 | 24,0 | 24,0 |
| TRIGO | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 |
| AVENA | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| GIRASOL | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 |
| GANADERIA (%) | 76,0 | 76,0 | 76,0 | 76,0 | 76,0 | 76,0 | 76,0 | 76,0 | 76,0 | 76,0 |
| NO ROTABLE | | | | | | | | | | |
| CAMPONATURAL | 6,2 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,7 | 4,0 | 4,0 | 14,6 | 17,9 | 18,0 |
| AGROPIRO | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 |
| ROTABLE | | | | | | | | | | |
| PASTURA FORRAJE | 24,8 | 21,3 | 16,1 | 14,8 | 20,7 | 20,9 | 11,7 | 3,1 | 0,7 | 2,8 |
| PASTURA FORRAJE Y ROLLOS | 19,2 | 22,7 | 27,9 | 29,2 | 23,3 | 23,1 | 32,3 | 40,3 | 39,4 | 37,2 |
| AVENA FORRAJE | 10,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 10,0 | 8,6 | 6,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| MOHA FORRAJE | 3,8 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 5,3 | 7,4 | 10,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| ROLLOS UTILIZACION (rac.) | | | | | | | | | | |
| OTOÑO | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| INVIERNO | 13928,1 | 15542,0 | 12894,1 | 19883,2 | 16921,5 | 16716,6 | 19711,9 | 21463,6 | 21790,9 | 19418,2 |
| VERANO | 0,0 | 929,2 | 7353,6 | 1272,8 | 0,0 | 0,0 | 3727,9 | 7722,7 | 6768,2 | 7454,5 |
| SUBMODELO GANADERO (N°) | 4 | 9 | 5 | 6 | 17 | 8 | 16 | 3 | 12 | 1 |
| VIENTRES (cantidad) | 268,3 | 259,4 | 237,6 | 297,4 | 292,2 | 282,7 | 293,5 | 300,0 | 300,0 | 300,0 |
| FORRAJE EXCEDENTE (%) | 4,50 | 3,5 | 5,2 | 1,0 | 2,4 | 2,8 | 1,0 | 1,7 | 1,1 | 2,8 |

El cero indica que la actividad no fue elegida por el programa.

y Webster (1968), que trabajaron con una matriz de tamaño equivalente y también 2.000 iteraciones. Por otra parte, estos autores demostraron en el mismo trabajo que al aumentar el tamaño de la matriz y disminuir el número de iteraciones se incrementaron las diferencias. Sin embargo, en sendos trabajos con matrices más chicas y 1.000 iteraciones, Casás (1980) halló una diferencia de 11 % y Actis (1983) de sólo 2,2 % pero este último con un alto excedente forrajero (17,2 %) que le resta aplicabilidad al modelo. En síntesis, los resultados de dichos trabajos no siempre fueron coincidentes pero tampoco estrictamente comparables porque, principalmente, el objetivo de los estudios no fue el mismo.

Por último, la combinación de ambos métodos aparece como una posibilidad de interés para el

planeamiento agropecuario. Casás (1980) ha seguido una primera corrida con Programación Lineal para hallar la óptima combinación de actividades y luego Monte Carlo para generar distintas alternativas. Sin embargo, el modelo óptimo inicial contendrá sólo aquellas actividades de mejores MB y reducirá el posterior espectro de modelos. Esto se soslaya en esa primera etapa forzando la inclusión de actividades y/o seleccionándolas a partir de corridas individuales para luego incluirlas en la matriz Monte Carlo que, se sabe, calculará modelos subóptimos. Aquí se procedió a la inversa y se obtuvieron finalmente numerosos modelos óptimos, alguno de los cuales tuvieron limitaciones propias ya explicitadas. La elección de una u otra secuencia metodológica dependerá del objetivo del estudio.

Cuadro N° 4. Variables ganaderas y márgenes brutos de los modelos y comparación con los resultados Monte Carlo.

| Areas | Modelos | Carga Animal EV/ha | Producción de Carne kg/ha | Eficiencia del Stock % | Márgenes Brutos S/ha | | Incrementos sobre MB totales Monte Carlo % | |
|-----------------------|---------|-----------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------|----------|--------------------------------------------------|------|
| | | | | | Agrícola | Ganadero | | |
| 1 | 1 | 1,60 | 435,2 | 78,0 | 65,2 | 38,2 | 45,8 | 10,9 |
| | 2 | 1,60 | 435,2 | 78,0 | 65,2 | 38,2 | 45,8 | 15,6 |
| | 3 | 1,42 | 392,2 | 75,3 | 65,2 | 35,2 | 43,6 | 11,9 |
| | 4 | 1,73 | 338,2 | 56,2 | 65,22 | 4,8 | 36,1 | 3,5 |
| | 5 | 1,65 | 338,9 | 53,9 | 65,2 | 26,0 | 36,9 | 8,9 |
| | 6 | 1,60 | 336,3 | 53,6 | 65,2 | 29,1 | 39,2 | 15,4 |
| | 7 | 1,60 | 326,4 | 57,5 | 65,2 | 25,6 | 36,7 | 12,4 |
| | 8 | 1,54 | 285,1 | 52,8 | 65,2 | 23,7 | 35,3 | 5,8 |
| | 9 | 1,55 | 284,1 | 53,9 | 65,2 | 24,1 | 35,6 | 9,7 |
| | 10 | 1,59 | 294,0 | 47,6 | 65,2 | 24,4 | 35,9 | 10,9 |
| \bar{x} Modelos | | 1,59 | 346,6 | 60,7 | 65,2 | 28,9 | 39,1 | 10,5 |
| \bar{x} Monte Carlo | | 1,39 | 300,8 | 59,8 | 62,6 | 23,8 | 34,9 | |
| 2 | 1 | 1,41 | 371,0 | 76,6 | 57,3 | 29,6 | 36,8 | 11,3 |
| | 2 | 1,39 | 360,6 | 69,2 | 57,3 | 26,9 | 34,8 | 8,0 |
| | 3 | 1,41 | 371,0 | 76,6 | 57,3 | 29,6 | 36,8 | 15,2 |
| | 4 | 1,39 | 275,8 | 49,6 | 57,3 | 19,1 | 29,0 | 8,4 |
| | 5 | 1,35 | 281,4 | 55,9 | 57,3 | 21,7 | 31,0 | 14,9 |
| | 6 | 1,31 | 279,2 | 59,6 | 57,3 | 22,7 | 31,7 | 18,7 |
| | 7 | 1,33 | 279,1 | 60,3 | 57,3 | 21,9 | 31,1 | 17,9 |
| | 8 | 1,30 | 225,7 | 48,0 | 57,3 | 15,7 | 26,5 | 4,5 |
| | 9 | 1,23 | 219,8 | 52,8 | 57,3 | 17,7 | 28,0 | 13,8 |
| | 10 | 1,26 | 220,5 | 46,6 | 57,3 | 15,4 | 26,3 | 7,8 |
| \bar{x} Modelos | | 1,34 | 288,4 | 59,5 | 57,3 | 22,0 | 31,2 | 12,0 |
| \bar{x} Monte Carlo | | 1,20 | 254,3 | 57,4 | 54,4 | 18,2 | 27,4 | |
| 3 | 1 | 1,14 | 197,3 | 52,2 | 46,1 | 15,6 | 22,9 | 11,6 |
| | 2 | 1,14 | 197,3 | 51,0 | 46,1 | 15,4 | 22,7 | 15,0 |
| | 3 | 1,11 | 194,9 | 49,0 | 46,1 | 14,7 | 22,3 | 14,5 |
| | 4 | 1,19 | 198,6 | 51,6 | 46,1 | 13,9 | 21,6 | 10,3 |
| | 5 | 1,18 | 200,7 | 45,9 | 46,1 | 15,0 | 22,5 | 15,4 |
| | 6 | 1,17 | 199,1 | 51,9 | 46,1 | 15,4 | 22,7 | 16,7 |
| | 7 | 1,19 | 198,9 | 44,7 | 46,1 | 13,3 | 21,2 | 15,1 |
| | 8 | 1,16 | 190,8 | 51,2 | 46,1 | 13,4 | 21,3 | 9,5 |
| | 9 | 1,14 | 187,6 | 45,8 | 46,1 | 12,8 | 20,8 | 9,0 |
| | 10 | 1,08 | 172,7 | 48,1 | 46,1 | 12,0 | 20,2 | 18,2 |
| \bar{x} Modelos | | 1,15 | 193,8 | 49,1 | 46,1 | 14,1 | 21,8 | 13,5 |
| \bar{x} Monte Carlo | | 0,95 | 160,4 | 49,1 | 44,0 | 11,1 | 18,9 | |

CONCLUSIONES

La elaboración de modelos agropecuarios alternativos a nivel regional se puede efectuar, entre otros métodos, con Programación Monte Carlo, Programación Lineal o la combinación de ambos. Los dos métodos mencionados presentan, por sí mismos, ventajas e inconvenientes. La combinación de ellos en la secuencia Monte Carlo-Programación Lineal se considera satisfactoria ya que permitió obtener numerosos modelos óptimos. No

obstante, algunos de los modelos presentaron deficiencias atribuibles a la Programación Lineal que no hacían aconsejable su implementación y fueron descartados.

De los resultados encontrados surge como nueva hipótesis de trabajo la probabilidad de que algunas de las limitaciones de los métodos mencionados precedentemente serían obviadas con la Programación Entera.

BIBLIOGRAFIA

- ACTIS, J.J. 1983. Programación de empresas: El método de simulación Monte Carlo. Economía Agrícola INTA EERA Pergamino, 16 pp.
- BARNARD, C.S.; NIX, J.S. 1984. Otras técnicas de planificación. En: Planeamiento y Control Agropecuarios. Ed. Ateneo, Buenos Aires, pp. 374-396.
- CASAS, B.R. 1980. Aspectos económicos de la generación, difusión y adopción de tecnologías agropecuarias. En: Enfoque de sistemas en la investigación ganadera. Silva, G.M. y Mansilla, M.A. (Eds.). Cap. XV. Santiago, Chile.
- DENT, J.B.; BYRNE, P.F. 1969. Investment Planning by Monte Carlo Simulation. *Review of Marketing and Agricultural Economics* 37 (2).
- DONALDSON, G.F.; WEBSTER, J.P.G., 1968. An operating procedure for simulation farm planning. Monte Carlo method. Bulletin 18, Department of Economics, Wye College. University of London, 25 pp.
- GARGANO, A.O.; ADURIZ, M.A.; SALDUNGARAY, M.C. 1989. Sistemas de producción en la mitad norte del Partido de Villarino (Provincia de Buenos Aires). I Indices físicos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 9 (2): 135-142.
- GARGANO, A.O.; SALDUNGARAY, M.C.; ADURIZ, M.A. 1993. Análisis tecnológico-económico de los sistemas predominantes del Partido de Guaminí (Pcia. de Buenos Aires). *Rev. Ftad. Agron.* UBA 14 (1): 91-100.
- GARGANO, A.O.; ADURIZ, M.A.; SALDUNGARAY, M.C. 1995. Diseño de agromodelos sostenibles para el Partido de Guaminí (Pcia. de Buenos Aires) con el método Monte Carlo. *Rev. Ftad. Agron.* UBA 15 (2-3): 119-129.