

# ESQUEMA ÓTIMO DE COMERCIALIZAÇÃO DA ERVA-MATE EM PÉ EM FUNÇÃO DO RISCO E RENDA ESPERADA

Luciano Javier Montoya Vilcahuaman<sup>1</sup>

## RESUMO

*A erva-mate (Ilex paraguariensis, ST. Hil.) é uma espécie florestal distribuída naturalmente em parte do território brasileiro, argentino e paraguaio, numa área de 540 mil km<sup>2</sup>. No Brasil, essa espécie é o componente principal de um dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) típicos da região Sul. No passado, foi um dos principais produtos de exportação. Atualmente, além de sua importância ambiental e socioeconômica, constituiu-se numa das alternativas de emprego, de geração de renda e de reposição florestal, principalmente em áreas da pequena propriedade rural. Entretanto, atualmente, na época da comercialização, os produtores defrontam-se com o dilema de “quanto”, “quando” e “como” vender a produção, devido ao fato de a mesma ser uma atividade realizada sob condições de risco e incerteza. Para auxiliar os produtores na escolha da melhor época de venda da produção, este trabalho utiliza um modelo matemático de Programação Quadrática que determina, dentre um conjunto de estratégias de comercialização, qual ou quais constituem a melhor opção de venda da erva-mate em pé, de modo a assegurar uma eficiente comercialização da produção através da maximização da renda dado um certo nível de risco, ou da minimização do risco dado um certo nível de renda. O plano ótimo proporcionado pelo modelo determina um coeficiente de risco para produtores com “aversão intermediária ao risco” de  $a = 0.2$ , o que implica que, em relação à renda média esperada proporcionado pela solução da Programação Linear, uma redução de 2%, e, em relação ao risco, uma redução de 85,2%. Dessa forma, o plano ótimo de comercialização indica a venda mensal fracionada através da seguinte programação: 49% no mês de junho; 12% em julho; 38% em agosto e 1% no mês de setembro.*

**Palavras-chave:** *Ilex paraguariensis*, sistema agroflorestal, programação quadrática, risco, comercialização.

<sup>1</sup> Engenheiro agrônomo, CREA 7139-D, doutor em Economia, pesquisador da Embrapa/Florestas.

Teor. Evid. Econ.	Passo Fundo	v. 7	n. 12	p. 37-48	maio 1999
-------------------	-------------	------	-------	----------	-----------

## 1 INTRODUÇÃO

Na agricultura, como em toda atividade complexa, a produção e a comercialização encontram-se em situação de risco e incerteza, como consequência da imprevisibilidade de certos eventos, tais como o clima e o mercado, os quais afetam diretamente os retornos esperados pelos produtores rurais. Assim, anualmente, vencida a etapa de decisão de seleção das atividades de produção, novamente o produtor defronta-se com outra, que seria a de *quanto, quando e como* vender a produção, dado que, no processo de seleção de atividades de venda, não se podem considerar apenas aquelas alternativas que maximizam lucro, mas também aquelas que proporcionem um menor risco associado.

Dado o ambiente de risco e de incerteza dentro do qual o produtor toma decisões, foram realizados diversos estudos utilizando modelos que incorporam o risco (King, 1950; López, 1977; Mendes, 1980; Padilha, 1997). Esses autores consideram que os modelos determinísticos, baseados no conhecimento perfeito, não auxiliam em muito os produtores, fazendo-se necessário considerar modelos alternativos que, explicitamente, considerem os riscos de produção e de mercado.

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St Hil.) é uma espécie florestal distribuída naturalmente no Brasil, Argentina e Paraguai numa superfície estimada em 540 mil km<sup>2</sup> (Oliveira e Rotta, 1985). Desse total, 83% da superfície se localiza no Brasil, principalmente na região Sul, onde sua exploração é feita de duas formas: em ervais nativos (formados naturalmente em sub-bosques com outras espécies florestais) e em ervais plantados em monocultivos ou em consórcio com cultivos agrícolas anuais. Essa espécie é componente de um dos SAFs mais característicos e representativos da região, que, por muitos anos, foi o principal produto de exportação. É um produto natural cujas folhas, após processadas, são consumidas principalmente como bebidas (chimarrão) pelos habitantes da região. Atualmente, além de sua importância ambiental e socioeconômica, constitui-se numa fonte importante de emprego e renda para os pequenos produtores das regiões produtoras (Mazuchowski e Rucker, 1993).

A comercialização da produção realizada de forma isolada, desorganizada, entregando a matéria-prima para os grandes produtores ou para a indústria, é efetuada em três modalidades tradicionais:

- a) venda da erva-mate no pé;
- b) venda em folha: o produtor realiza a poda e a operação de chamusqueio das folhas;
- c) venda de erva-mate cancheada: o produtor realiza a poda, chamusqueio, secagem, trituração e moagem da erva.

Admitindo-se que o produtor seja um tomador de preços e que apresente um comportamento típico de aversão ao risco, faz-se necessária a busca de um melhor preço, que só será possível através da escolha das melhores estratégias de comercialização da produção. Isso justifica o objetivo central deste estudo, que consiste na busca e determinação das melhores estratégias de venda da produção da erva-mate em pé. Nesse processo, a metodologia proposta é de se determinar, dentro de um conjunto de estratégias de comercialização, quais são as que constituem as melhores opções para o produtor, através da maximização da renda dado um certo nível de risco, ou a minimização dos riscos dado um certo nível de renda. Para conseguir os resultados apresentados neste trabalho, utiliza-se um *software* denominado General Algebraic Modelling System - GAMS, o qual possui flexibilidade para a realização de repetidas simulações da Programação Linear (PL) e Quadrática (PQ); e o Mathematical Laboratory - Matlab - para o cálculo da matriz de variância-covariância do modelo básico utilizado.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material

No trabalho, é utilizada informação proveniente de dados secundários obtidos do trabalho de *Caracterização de sistemas de uso da terra e propostas para o desenvolvimento dos sistemas agroflorestais*, realizado na região de Erechim, município de Áurea, no estado do Rio Grande do Sul (Embrapa, 1996). A região tem 44 495 estabelecimentos agrícolas numa área de 1,1 milhão de hectares; caracteriza-se pela pequena propriedade, uma vez que mais de 90% dos produtores têm menos de 50 hectares e ocupam 54% da área total agrícola. Entre as culturas agrícolas de maior participação na produção agrícola estadual, destacam-se a erva-mate (34,4%), feijão (14,1%), milho (10,2%), soja (5,0%), entre outros (IBGE, 1994).

A estrutura produtiva da agricultura da região e de Áurea reflete uma representatividade de importância econômica para as atividades da erva-mate e de culturas anuais, com características edafoclimáticas e socioeconômicas também representativas para a região Sul.

Para fins do estudo, utiliza-se uma série de preços médios mensais de erva-mate em pé recebidos pelos produtores no período 1990/1995. Os preços expressam-se em dólar por arroba (15 kg), unidade de peso utilizada tradicionalmente no setor. Os dados foram coletados pela Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento.

## 2.2 Método

Para a determinação das melhores estratégias de venda da erva-mate em pé, em face do risco de mercado, utilizou-se o modelo matemático de Programação Quadrática proposto por Markowitz-Tobin. Takayama y Batterhan (1972) destacaram a derivação teórica e a utilização desse modelo para a seleção de *Portfolios* ótimos. As variáveis do modelo são as seguintes:

$P_{ij}$  = preço médio esperado por período de comercialização da atividade “i” (venda de erva-mate em pé) no mês “j” ( $i=1,2,\dots,n$ ;  $j = 1,\dots,12$ );

$\sigma_{ij}$  = covariância do preço unitário do período de comercialização da atividade “i” (erva-mate) no mês “j”;

$X_{ij}$  = unidades de produção esperada distribuídas para o período de comercialização da atividade “i” (erva-mate) no mês “j”.

Qualquer combinação específica de n atividades terá um retorno esperado de:

$$E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} p_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

e uma variância do retorno esperado igual a:

$$V(E) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} \sigma_{ij} x_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

Substituindo as equações (1) e (2) na função de utilidade quadrática do tomador de decisão (3), o problema passa a ser representado por um conjunto de valores para  $x_i$  que maximizam a equação (4):

$$U = E + bE^2 + bV \quad (3)$$

$$U = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} p_{ij} x_{ij} + \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} p_{ij} x_{ij} \right)^2 + b \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} \sigma_{ij} x_{ij} x_{ij} \right) \quad (4)$$

sujeito a um conjunto de restrições de recurso, assim como  $X_i \geq 0$ .

Taha (1976), usando a expansão da série de Taylor, demonstra que os três primeiros termos da função de utilidade esperada proporcionam um critério semelhante ao apresentado a seguir:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} p_{ij} x_{ij} - \alpha \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} \sigma_{ij} x_{ij} x_{ij} \quad (5)$$

o qual, na notação matricial, é representado por:

$$Z = PX - \alpha X' DX \quad (6)$$

onde:

Z = função objetivo;

P = vetor-linha dos preços unitários por período de comercialização;

X = vector-coluna do nível de vendas dos períodos de comercialização;

a = coeficiente de aversão ao risco;

D = matriz de variância-covariância.

O fator de aversão ao risco ( $a$ ) é um indicador da atitude do produtor frente a um desvio excessivo dos valores esperados. Dessa forma,  $a$  sofre parametrização no intervalo de  $(0 < a < 1)$ . O valor de  $a = 0$  representa produtores indiferentes ao risco e vai converter o modelo de PQ em um modelo de PL;  $a = 1$  representa produtores com máxima aversão ao risco. Assim, o objetivo principal é maximizar a expressão (5), sujeito a:

$$RV = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{12} x_{ij} = 1 \quad (7)$$

$$AX \leq B \quad (8)$$

$$X \geq 0 \quad (9)$$

onde:

RV = restrição de venda da produção;

A = coeficiente da matriz de insumo-produto;

B = vetor-coluna dos níveis de recursos e outras restrições.

Para o processamento da análise com a série de preços médios mensais, período 1990/95, utilizam-se 12 períodos de comercialização (PC) - sendo  $PC_1$  = janeiro,...,  $PC_{12}$  = dezembro -, os quais representam de forma realista a modalidade de venda da erva-mate em pé.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise das soluções obtidas pela aplicação do modelo Markowitz-Tobin

Os resultados proporcionados pelo modelo utilizado são apresentados na Tabela 1. O plano ótimo de venda para produtores “indiferentes ao risco” ( $\mu = 0$ ) considera a concentração das vendas num único mês ( $PC_8$ ), ou seja, vender 100% da produção em agosto, o que proporcionaria o maior preço esperado de venda entre todos os considerados e uma renda média esperada de US\$ 2,30 por arroba comercializada. Esse nível de renda estaria associado a um risco alto de US\$ 0,54 por arroba. Este é um caso típico de PL no qual o produtor, a seu juízo, maximiza sua renda esperada para o nível dado de risco associado.

Para os produtores com “elevada aversão ao risco” ( $\mu = 1$ ), o plano ótimo de vendas é de uma diversificação nos períodos de  $PC_3$ ,  $PC_6$ ,  $PC_7$ ,  $PC_8$  e  $PC_9$ , ou seja, 31,3% em maio; 25,1% em junho; 14,7% em julho; 18,1% em agosto e 10,8% em setembro. Isso significa que os produtores antecipam e ampliam as vendas com o objetivo de reduzir os riscos. Os produtores com “elevada aversão ao risco” ( $\mu = 1$ ), comparados com os produtores “indiferentes ao risco” ( $\mu = 0$ ), obtêm uma renda média menor, pelo fato de procurarem planos mais seguros de comercialização de sua produção (planos mais seguros, necessariamente, indicam situações em que o risco associado à atividade de venda é menor) (Tabela 1).

O plano ótimo de vendas para produtores com “aversão intermediária ao risco” ( $\mu = 0,2$ ), que resulta numa redução de apenas 2,04% na renda média esperada e em 85,2% de redução do risco em relação à solução da PL, é dado nos períodos  $PC_6$ ,  $PC_7$ ,  $PC_8$  e  $PC_9$ , ou seja, vender 49,2% da produção em junho; 11,9% em julho; 38,1% em agosto e 0,8% em setembro (Tabela 1).

Na comparação do produtor “indiferente ao risco” ( $\mu = 0$ ) com o “averso ao risco” ( $\mu = 1$ ), observa-se que o primeiro obtém uma renda maior, de 5,8%, contudo assume um risco 13,5 maior, ou seja, em termos percentuais, 1,250% mais de risco na atividade. Teoricamente, essa situação é possível, mas, na vida real, o produtor rural apresenta um comportamento intermediário e deve selecionar o esquema que combine uma alta renda com um baixo risco.

Tabela 1 - Variação percentual (%) da renda média esperada e do risco associado em relação à solução ótima obtida pela Programação Linear para as estratégias de comercialização de erva-mate em pé (1990/95)

Coeficiente de aversão ao risco ( $\alpha$ )	Renda esperada (US\$/@)	Risco associado (US\$/@)	Variação (%) da renda esperada (US\$) em relação à solução da PL*	Variação (%) do risco associado (US\$) em relação à solução da PL*	Períodos ótimos de venda de erva-mate em pé (%)				
					PC <sub>5</sub> Maio	PC <sub>6</sub> Junho	PC <sub>7</sub> Julho	PC <sub>8</sub> Agosto	PC <sub>9</sub> Setembro
0.0 P.L.(*)	2.30	0.54	-	-	-	-	-	100.0	-
0.01	2.295	0.23	- 0.22	- 57.4	-	4.1	-	95.9	-
0.02	2.291	0.19	- 0.39	- 64.8	-	31.8	-	68.2	-
0.03	2.288	0.18	- 0.52	- 66.7	-	41.1	-	58.9	-
0.04	2.286	0.17	- 0.61	- 68.5	-	45.7	-	54.3	-
0.05	2.284	0.16	- 0.70	- 70.4	-	48.4	-	51.6	-
0.06	2.281	0.15	- 0.83	- 72.1	-	50.3	-	49.7	-
0.07	2.279	0.15	- 0.91	- 72.2	-	51.6	-	48.4	-
0.08	2.277	0.13	- 1.00	- 75.8	-	52.6	-	47.4	-
0.09	2.275	0.13	- 1.09	- 75.9	-	53.4	-	46.6	-
0.1	2.273	0.12	- 1.17	- 77.8	-	54.0	-	46.0	-
0.2	2.253	0.08	- 2.04	- 85.2	-	49.2	11.9	38.1	0.8
0.3	2.237	0.06	- 2.74	- 88.8	-	43.4	16.3	32.5	7.8
0.4	2.224	0.06	- 3.30	- 88.9	4.2	39.0	17.5	28.9	10.4
0.5	2.213	0.05	- 3.78	- 90.6	13.3	34.4	16.5	25.3	10.5
0.6	2.204	0.05	- 4.17	- 90.7	19.2	31.4	15.9	22.9	10.6
0.7	2.196	0.05	- 4.52	- 90.8	23.5	29.2	15.5	21.2	10.6
0.8	2.188	0.04	- 4.87	- 92.6	26.8	27.5	15.1	19.9	10.7
0.9	2.181	0.04	- 5.17	- 92.7	29.2	26.3	14.9	18.9	10.7
1.0	2.174	0.04	- 5.47	- 92.8	31.3	25.1	14.7	18.1	10.8

Fonte: Resultados do modelo.

(\*) Solução obtida por programação linear.

Também, na Tabela 1, observa-se que a renda decresce à medida que aumenta o coeficiente de aversão ao risco. Assim, esses resultados demonstram que o produtor dá importância ao risco e que esse valor não deve ficar próximo do coeficiente unitário, nem do coeficiente nulo de risco.

### 3.2 A fronteira de eficiência de Média Variância (Fronteira E-V)

A fronteira eficiente é um aspecto importante nas análises de planos ótimos de comercialização. A fronteira é baseada em certos princípios, de tal forma que, dentre todos os investimentos com uma dada taxa de retorno, o que oferece mínimo risco é o mais desejável; ou, dentre todas as alternativas de uma dada classe de risco, a que oferece a mais alta taxa de retorno é a preferível. Como resultado disso, pontos sobre a

fronteira E-V compreendem planos ótimos de estratégias de comercialização, locais esses onde o produtor seleciona um ponto que é capaz de maximizar sua utilidade esperada para dado coeficiente de aversão ao risco (Figura 1).

Conforme a Figura 1, a inclinação da fronteira eficiente tende a decrescer, ao passo que a renda média esperada sofre incremento. Esse aumento no risco ocorre pelo fato de, com o incremento na renda, a seleção da estratégia de comercialização para a composição do plano ótimo sofrer restrições para que se possa obter o nível de renda desejado, acarretando, então, uma redução na diversificação das estratégias de comercialização.

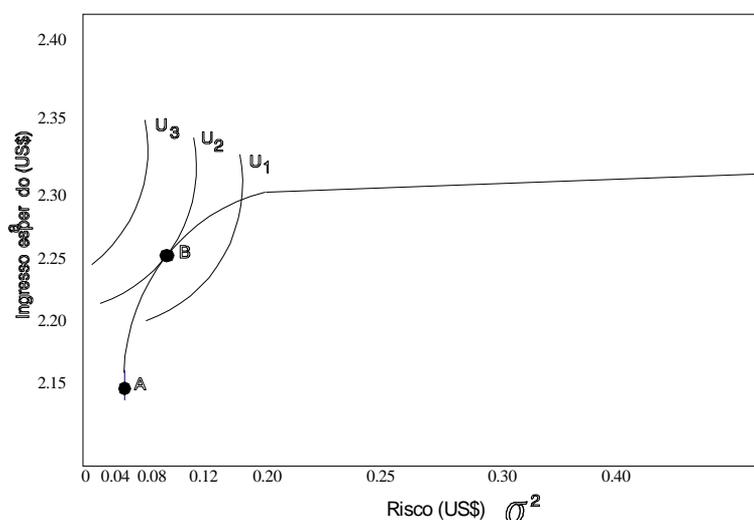


Figura 1 - Fronteira eficiente da Média Variância para erva-mate em pé (1990/95).

O ponto (Figura 1), representa o plano ótimo de comercialização do produtor “indiferente ao risco” ( $\mu = 0.0$ ) que é proporcionado pela PL, cujo retorno médio esperado é máximo, mas apresenta um risco associado muito elevado, sendo descartado como o ideal.

O ponto A, por outro lado, configura uma situação completamente oposta, representando o produtor com “elevada aversão ao risco” ( $\mu = 1.0$ ), cujo retorno médio esperado oferece o menor risco associado dentre todos; contudo, também não é a solução ideal de comercialização.

O ponto B, diferentemente dos anteriores, pode ser considerado como a solução ideal proporcionada pelo modelo utilizado, pois, além de ser o ponto de tangência da curva de isoutilidade, tem na sua diversificação de vendas uma motivação para a redução de risco ao plano ótimo de 85,2%. Por outro lado, conseguiu manter uma renda média esperada apenas 2% inferior à obtida pelo ponto P (Programação Linear).

Os resultados analisados anteriormente são coerentes com essa afirmação, dado que planos ótimos com “elevada aversão ao risco” são constituídos por mais de quatro estratégias de comercialização, ao passo que, planos ótimos com “indiferença ao risco” - consideram somente uma estratégia de comercialização, o que consiste basicamente no ponto de maximização de renda fornecido pela Programação Linear.

## 4 CONCLUSÕES

A determinação de estratégias eficientes de comercialização como uma forma de auxiliar a tomada de decisões, buscando combinações de melhores preços de venda durante o ano e possibilitando, com isso, a obtenção de rendas maiores, estáveis e com menor risco associado, é uma necessidade dos produtores.

Os resultados fornecidos pelo modelo utilizado mostram que o comportamento dos produtores varia significativamente conforme se altera o coeficiente de aversão ao risco, resultando em conjuntos diferentes de estratégias de comercialização para a formação de um plano ótimo de venda.

A melhor combinação da estratégia de comercialização de erva-mate no pé, no período de 1990/95, é a dos produtores com “aversão intermédia ao risco” ( $a = 0,2$ ), que resulta numa redução de 85,2% no risco, permitindo obter uma renda média apenas 2,0% inferior à solução obtida pela PL. Assim, a maneira mais apropriada de comercializar erva-mate em pé ocorre pela venda da produção em lotes parcelados no mercado, conforme a seguinte composição mensal de vendas: 49,2% em junho; 11,9% em julho; 38,1% em agosto e 0,8% em setembro.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FUNDAÇÃO IBGE. Divisão de Pesquisa do Rio Grande do Sul. *Levantamento sistemático da produção agrícola - LSPA*. Porto Alegre, 1994.
- EMBRAPA, CNPF. *Caracterização de sistemas de uso da terra e propostas de ação para o desenvolvimento dos sistemas agroflorestais, Áurea-RS*. Colombo. (Embrapa-CNPF. Doc. 29). 1996. 39p.

- KING, R.A. *Programación matemática para análisis económico en la agricultura*. International Monetary Fund. North Carolina State University Press, 1988.
- LOPEZ, R. E. *An evaluation of quadratic programming and the Motad model as applied to farm planning under uncertainty*. British Columbia: University of British Columbia. Thesis of Master of Sciences, 1977.
- MARKOWITZ, H. *Portfolio selection, efficient diversification of investments*. New York: John Wiley, 1959.
- MAZUCHOWSKI, J. Z.; RUCKER, N. G. de A. *Diagnóstico e alternativas para a erva-mate (Ilex paraguariensis)*. Curitiba: Seab/Deral, 1993. 141 p.
- MENDES, J. T. G. *The selection of marketing strategies under price risk: the case of brasilian soybeans*. Ohio: The Ohio University. Thesis (PHD), 1980. 115p.
- OLIVEIRA, Y. M.; ROTTA, E. *Área de distribuição natural de erva-mate (Ilex paraguariensis St. Hil.)*, In: X Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais. Curitiba. Embrapa/ CNPFlorestas, 1985. p.17-36.
- PADILHA, J. J. B. *Comercialização da soja e risco de mercado*. Dissertação, (Mestrado), Piracicaba. Universidade de São Paulo/Esalq, 1977. 107p.
- TAHA, H. A. *Operations research: an introduction*. 2nd edition, New York: MacMillan Publishing Co., 1976.
- TAKAMA, T.; BATTERHAM, R. L. *Portfolio selection and resource allocation for financial and agricultural firms with the Rand QP360 Quadratic Programming*. Code. Illinois: University of Illinois at Urbana-champaign, 1972. 19p.

## SYNOPSIS

**OPTIMAL SKETCH OF COMMERCIALIZATION OF THE STANDING YERBA MATE IN VIEW OF RISK AND EXPECTED INCOME**

*The yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) is a forest species spread naturally in parts of the territories of Brazil, Argentina and Paraguay, in a surface of about 540,000 square kilometers. In Brazil, this species is the main component of one of the most characteristic agroforestry systems (SAF's) of the Southern region. At present, apart from its environmental and socioeconomic importance, it stands for one of the best alternatives of employment, the generation of income and forest preservation, mainly in the farming areas of small farms. However, in the market period each year, the seller faces the problem of "how much", "when", and "how" to sell his production because this activity is carried out under risky conditions and uncertainty, and the farmer shows a typical behavior aversion to risk. In this way, through the use of Quadratic Programing, one aims to determine among a group of strategies of commercialization, which the best option is for selling the "yerba mate", so that producers can assure an efficient commercialization of their production by the making the most out of the income with a certain degree of risk, or by diminishing the risk given certain levels of income. The findings showed that the more efficient production given by the model determines a reduction of 85.2% for "producers with not so much aversion to risk" ( $\alpha = 0.2$ ); this implies a reduction of 2.0% with regard to the expected income, and a reduction of 85.2% with regard to the degree of risk. Thus, the best scheme of commercialization indicates the monthly sale divided by the following schedule: 49% in June, 12% in July, 38% in August, and 1% in September.*

*Key-words: Agroforest system; *Ilex paraguariensis*; commercialization; model; quadratic programing; risk.*

## SINOPSIS

### ESQUEMA ÓPTIMO DE LA COMERCIALIZACIÓN DE LA YERBA MATE EN PIE EN FUNCIÓN DEL RIESGO Y DEL INGRESO ESPERADO

La yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) es una especie forestal distribuida naturalmente en los territorios del Brasil, Argentina y Paraguay en una superficie aproximada de 540,000 km<sup>2</sup>. En Brasil, esta especie es el componente principal de uno de los sistemas agroforestales (SAF's) más característicos de la región Sur. En el pasado, fue uno de los principales productos de exportación. Actualmente, además de su importancia ambiental y socioeconómica, constituye en una de las mejores alternativas de empleo, de generación de ingresos y de repoblación forestal, principalmente en áreas de la pequeña propiedad. Sin embargo, anualmente en la época de comercialización, los productores se enfrentan con el dilema de "cuánto", "cuándo" y "cómo" vender su producción, debido a que la actividad se realiza bajo condiciones de riesgo e incertidumbre y el productor muestra un comportamiento típico de aversión al riesgo. A través de la utilización de un modelo matemático de Programación Cuadrática, se determina el conjunto de estrategias de comercialización, que constituyen la mejor opción de venta de la yerba mate en pie, para que los productores aseguren una eficiente comercialización de producción a través de la maximización del ingreso dado un cierto nivel de riesgo o la minimización del riesgo dado ciertos niveles de ingreso. El esquema óptimo, o la combinación de estrategias de comercialización de la producción más eficiente, proporcionado por el modelo, determina un coeficiente de riesgo para los productores con "aversión intermedia a riesgo" de  $\alpha = 0.2$ , lo que implica, en relación al ingreso esperado, una reducción de 2.0% y, en relación al nivel de riesgo, una reducción de 85.2%. Así, el esquema óptimo de comercialización indica la venta mensual fraccionada a través de la siguiente programación: 49% en junio, 12% en julio, 38% en agosto y 1% en septiembre.

*Palabras clave:* Sistema agroforestal, *Ilex paraguariensis*, comercialización, modelo, programación cuadrática, riesgo.