

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

**APLICACION DE LA PROGRAMACION PARAMETRICA A LA EVALUACION
DE SISTEMAS DE CULTIVOS ADECUADOS PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES**

TESIS SOMETIDA A CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR—CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae


MIGUEL AVEDILLO MOSTAZA

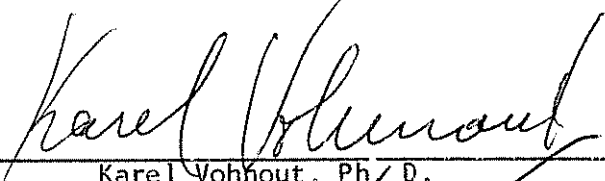
Turrialba, Costa Rica


1976

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la
Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE,
como requisito parcial para optar al grado de

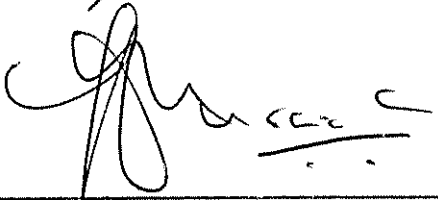
Magister Scientiae

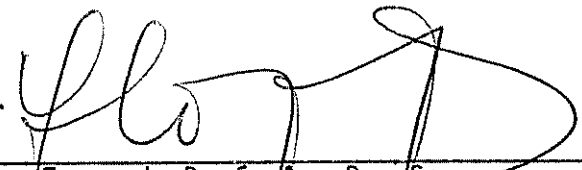
JURADO: 
Luis A. Navarro, Ph. D. Consejero Principal


Karel Vohhout, Ph. D. Miembro del Comité


Víctor Quiroga, Mag. Sc. Miembro del Comité


José Fargas, Ph. D. Asesor


Héctor Murcia, M. S. Asesor


Fernando Durán A., Dr. Sc.
Coordinador

Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre

A mi padre

Ejemplos de laboriosidad y abnegación.

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis significa la conclusión de estudios para cuya realización se recibieron múltiples ayudas. El autor expresa su gratitud:

- Al Dr. Luís A. Navarro, Profesor Consejero, por su valiosa guía, crítica sana, apoyo y comprensión continuos.
- A los miembros y asesores del Comité Consejero, Dr. Karel Vonhout, M.S. Víctor Quiroga, Dr. José Fargas y M.S. Víctor Murcia por sus atinadas sugerencias.
- A la Escuela Agrícola Panamericana de El Zamorano (Honduras) que, en forma desacostumbrada, le concedió tres licencias semestrales en tres años consecutivos de 1974 a 1976 y, además, le asignó tres becas semestrales (dos de la Fundación Rockefeller y una de la Fundación Tinker) para financiar la mayor parte de estos estudios.
- A la Dirección General del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA), quién le concedió el uso sin costo de sus facilidades de computación en la División de Procesamiento de Datos del IICA y también financió la edición de esta tesis.
- A los Sres. Luís Torres y Manuel Zamora, y al M.S. Nicolás Mateo por su atenta y valiosa colaboración.
- A la Lic. Raquel Schneider y al Ing. Adalberto Gorbitz por su ayuda en la corrección de los aspectos gramaticales y de presentación de este trabajo.
- A las secretarias Sra. Ana M. Chaves y Srta. Olga M. Benavides por su tenacidad en la transcripción de los manuscritos y por su esmerado trabajo de mecanografía.
- A sus profesores, a sus compañeros de trabajo y de estudio, y a sus alumnos cuyo trato en estos años fué un estímulo para aspirar a hacer propio el lema de Virgilio grabado en el vestíbulo del edificio principal del CATIE, en Turrialba: "*Felix qui potuit rerum cognoscere causas*".

BIOGRAFIA

El autor nació en Gema del Vino, provincia de Zamora, España, el 6 de mayo de 1947.

Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Nacional de Enseñanza Media "Claudio Moyano" de Zamora, recibiendo en 1963 el título de Bachiller Superior en Ciencias por la Universidad de Salamanca. En 1964 hizo el curso preuniversitario en la Universidad de Salamanca, y en 1965 el primer curso común de Enseñanzas Técnicas Superiores en la Universidad de Valladolid. En 1966 ingresó al Instituto Nevares de Empresarios Agrarios (INEA) de Valladolid, graduándose con la calificación de sobresaliente en 1970 como Ingeniero Técnico en Dirección de Empresas Agrarias. Desde junio de 1969 trabajó durante un año, como prácticas de fin de carrera, en el Centro de Gestión Agraria del INEA sobre planificación y organización de sistemas de información contable en las empresas agrarias asociadas a dicho Centro. A partir de julio de 1970 participó en Nicaragua, durante ocho meses, en la puesta en marcha del Centro de Educación Promocional Agraria, bajo los auspicios de la Universidad Centroamericana de Managua. En febrero de 1971 inició sus labores en la Escuela Agrícola Panamericana de El Zamorano (Honduras), donde actualmente es Profesor Asociado en el Departamento de Administración y Economía Agrarias.

En 1974 ingresó al Sistema de Estudios de Postgrado del Programa Conjunto: Universidad de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR - CATIE), en Turrialba (Costa Rica), para realizar sus estudios de postgrado con énfasis en Métodos Cuantitativos y Economía Agraria, graduándose de *Magister Scientiae* en agosto de 1976.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
1.1 <u>Generalidades</u>	1
1.2 <u>Objetivos del Trabajo</u>	3
1.2.1 <u>Objetivos principales</u>	3
1.2.2 <u>Objetivos secundarios</u>	4
2. REVISION DE LITERATURA CON RESPECTO A LA METODOLOGIA GENERAL ..	5
2.1 <u>Teoría de la Decisión y Evaluación de Sistemas de Producción Agrícola</u>	5
2.2 <u>Modelo Matemático General</u>	5
2.2.1 <u>Función objetivo a optimizarse: Z_k</u>	6
2.2.2 <u>Condiciones agronómicas y socioeconómicas: i</u>	7
2.2.2.1 <u>Condiciones sobre el uso de los factores productivos</u>	9
2.2.2.2 <u>Condiciones relacionadas con el riesgo</u> ...	9
2.2.2.3 <u>Condiciones sobre la estabilidad agro- nómica de los sistemas de cultivos</u>	10
2.2.3 <u>Condición de no negatividad de las variables X_{jk}</u> ..	11
2.2.4 <u>Estructura matemática del modelo</u>	12
2.3 <u>Procedimiento de Análisis</u>	13
2.3.1 <u>Primera etapa: estimación de condiciones básicas para precios y rendimientos</u>	14
2.3.1.1 <u>Variación de precios</u>	14
2.3.1.2 <u>Variación de rendimientos</u>	15
2.3.1.3 <u>Combinación de las variaciones de precios con las variaciones de rendimientos</u>	15

2.3.2	<u>Segunda etapa: parametrización de los vectores de las restricciones y de la función objetivo</u>	16
2.3.2.1	Concepto de parametrización	16
2.3.2.2	Parametrización de los vectores de las restricciones	16
2.3.2.3	Parametrización del vector de la función objetivo	17
2.3.3	<u>Tercera etapa: análisis de sensibilidad de las soluciones</u>	17
3.	<u>METODOLOGIA ESPECIFICA DEL TRABAJO</u>	19
3.1	<u>Antecedentes</u>	19
3.2	<u>Modelo Matemático Específico del Trabajo</u>	20
3.2.1	<u>Funciones objetivo a optimizarse</u>	20
3.2.2	<u>Condiciones agronómicas y socioeconómicas</u>	22
3.2.2.1	Condiciones sobre el uso de los factores productivos	22
3.2.2.2	Condiciones relacionadas con el riesgo ..	25
3.2.2.3	Condiciones sobre la estabilidad agronómica de los sistemas de cultivos	27
3.3	<u>Procedimiento de Análisis</u>	28
3.3.1	<u>Primera etapa: estimación de condiciones básicas para precios y rendimientos</u>	28
3.3.1.1	Variación de precios	28
3.3.1.2	Variación de rendimientos	28
3.3.1.3	Combinación de las variaciones de precios con las variaciones de rendimientos	30
3.3.2	<u>Segunda etapa: parametrización de los vectores de las restricciones y de la función objetivo</u>	31

	Página
3.3.3 <u>Tercera etapa: análisis de sensibilidad de las soluciones</u>	32
3.4 <u>Técnicas Operativas en la Computadora</u>	34
3.4.1 <u>Características generales del programa 1130 LP - MOSS</u>	35
3.4.2 <u>Control de procesamiento</u>	38
4. RESULTADOS Y DISCUSION	42
4.1 <u>Evaluación de los Sistemas en Sentido Estricto</u>	42
4.1.1 <u>Características de los resultados con aplicaciones específicas:</u>	42
4.1.1.1 Bajo el primer criterio de evaluación: 'Maximización del Ingreso Efectivo'	48
4.1.1.2 Bajo el segundo criterio de evaluación: 'Maximización del Beneficio Económico' ..	49
4.1.1.3 Bajo el tercer criterio de evaluación: 'Maximización de la Energía Alimenticia'.	51
4.1.1.4 Bajo el cuarto criterio de evaluación: 'Minimización del Costo Total'	53
4.1.2 <u>Características de los resultados con inferencias generales</u>	53
4.1.2.1 Generalizaciones con base en las distintas condiciones (restricciones) de la evaluación	53
4.1.2.2 Generalizaciones con base en los diferentes criterios (funciones objetivo) de la evaluación	56
4.2 <u>Estabilidad de los Resultados de la Evaluación</u>	57
4.2.1 <u>Análisis de sensibilidad</u>	58
4.2.2 <u>Análisis de las condiciones restrictivas del óptimo</u>	64

4.3	<u>Influencia de los Factores Tierra y Trabajo en las Funciones Objetivo</u>	65
4.4	<u>Características de la Utilización del Trabajo</u>	71
5.	DISCUSION GENERAL DE LAS LIMITACIONES DEL ESTUDIO	78
5.1	<u>Limitaciones Formales Implícitas en las Hipótesis del Modelo</u>	78
5.2	<u>Limitaciones Derivadas de la Falta de Isomorfismo entre el Modelo y la Realidad</u>	80
5.3	<u>Limitaciones Causadas por Imperfecciones en la Modelación o por Exigencias del Procesamiento</u>	82
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
6.1	<u>Conclusiones y Recomendaciones sobre los Objetivos Principales</u>	86
6.2	<u>Conclusiones y Recomendaciones sobre los Objetivos Secundarios</u>	89
7.	SINOPSIS	91
7.1	<u>Compendio</u>	91
7.2	<u>Summary</u>	93
7.3	<u>Résumé</u>	95
8.	LITERATURA CITADA	97

	Página
9. APENDICES	108
9.1 <u>Papel Potencial de Este Trabajo en las Investigaciones que Realiza el DCST del CATIE, sobre Sistemas de Cultivos para el Pequeño Agricultor</u>	108
9.2 <u>Modelo de Programación Líneal con Criterio Múltiple y su Significación: Representación Bidimensional (Reducida)</u>	112
9.3 <u>Modelo de Programación Paramétrica: Proceso de Parametrización en un Modelo de Programación Líneal (Representación Bidimensional -Reducida-)</u>	115
9.4 <u>Modelo Analógico del Metodo de Programación Paramétrica Aquí Usado, y de su Procedimiento Analítico</u>	118
9.5 <u>Arreglo de Tratamientos de los Sistemas de Cultivos para el Pequeño Agricultor Investigados por el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE en el Período Experimental Noviembre-1974/Octubre-1975</u> ...	121
9.6 <u>Cuestionario Confidencial de la Encuesta Preliminar a Pequeños Agricultores Realizada por el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE en el Distrito de Guácimo, Provincia de Limón, Costa Rica</u>	126
9.7 <u>Cuestionario Confidencial de la Encuesta Realizada al Personal Técnico Investigador del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE, sobre la Estabilidad Agronómica de los Sistemas de Cultivos para el Pequeño Agricultor Experimentados en el Período Noviembre-1974/Octubre-1975</u>	135

9.8	<u>Características Agronómicas y Socioeconómicas</u> <u>de los Sistemas de Cultivos</u>	140
9.8.1	Caracterización de los Coeficientes (c_{jk}) de Cada Sistema de Cultivos en las Funciones Objetivo	140
9.8.2	Caracterización de los Coeficientes (a_{ij}) de Cada Sistema de Cultivos en las Condiciones sobre el Uso de los Factores Productivos	143
9.8.3	Caracterización de los Coeficientes (a_{ij}) de Cada Sistema de Cultivos en las Condiciones Relacionadas con el Riesgo	150
9.8.4	Caracterización de las Situaciones de Precios Mínimos y Máximos	153
9.8.5	Caracterización de los Rendimientos Experimen- tales y de los Rendimientos Mínimos y Máximos Estimados	155
9.8.6	Caracterización de los Coeficientes b_i - b_i' : Límites Establecidos para Todas las Funciones y Variables del Modelo, en las Seis Situacio- nes Parametradas	159
9.8.6.1	Límites de las funciones objetivo	159
9.8.6.2	Límites de las condiciones sobre el uso de los factores productivos	159
9.8.6.3	Límites de las condiciones relacio- nadas con el riesgo	169

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro</u>		<u>Página</u>
1.	Evaluación Comparativa de los Sistemas de Cultivos, Bajo Diferentes Condiciones del Pequeño Agricultor, Basada en la Maximización del Ingreso Efectivo	44
2.	Evaluación Comparativa de los Sistemas de Cultivos, Bajo Diferentes Condiciones del Pequeño Agricultor, Basada en la Maximización del Beneficio Económico	45
3.	Evaluación Comparativa de los Sistemas de Cultivos, Bajo Diferentes Condiciones del Pequeño Agricultor, Basada en la Maximización de la Energía Alimenticia ..	46
4.	Evaluación Comparativa de los Sistemas de Cultivos, Bajo Diferentes Condiciones del Pequeño Agricultor, Basada en la Minimización del Costo Total	47
5.	Estabilidad de la Solución, Respecto a Variaciones Relativas (en %) del Coeficiente c_{jk} de Cada Sistema de Cultivos, en la Función Objetivo de Ingreso Efectivo Usada como Criterio de Evaluación	59
6.	Estabilidad de la Solución, Respecto a Variaciones Relativas (en %) del Coeficiente c_{jk} de Cada Sistema de Cultivos, en la Función Objetivo de Beneficio Económico Usada como Criterio de Evaluación	60
7.	Estabilidad de la Solución, Respecto a Variaciones Relativas (en %) del Coeficiente c_{jk} de Cada Sistema de Cultivos, en la Función Objetivo de Energía Alimenticia Usada como Criterio de Evaluación	61
8.	Estabilidad de la Solución, Respecto a Variaciones Relativas (en %) del Coeficiente c_{jk} de Cada Sistema de Cultivos, en la Función Objetivo de Costo Total Usada como Criterio de Evaluación	62
9.	Coeficiente (c_{jk}) de Cada Sistema de Cultivos (j) en las Respectivas Funciones Objetivo (k)	144

<u>Cuadro</u>		Página
10.	Coefficientes (a_{ij}) de Cada Sistema de Cultivos (j) en las Condiciones (i) sobre el Uso del Trabajo en Cada Período Mensual (p)	147
11.	Coefficientes (a_{ij}) de Cada Sistema de Cultivos en las Condiciones Relacionadas con el Temor al Hambre ...	151
12.	Cálculo de las Diferencias Relativas entre los Rendimientos del Pequeño Agricultor de Guácimo y los Rendimientos Experimentales del DCST en Turrialba	156
13.	Rendimientos Experimentales, y Rendimientos Mínicos y Máximos Estimados (Kg/ha)	160
14.	Coefficientes b_i - b_i' : Límites Establecidos para Todas las Funciones y Variables del Modelo	174

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		Página
1.	Influencia de los Factores Tierra y Trabajo en las Funciones Objetivo de Ingreso Efectivo, Beneficio Económico, Energía Alimenticia y Costo Total, Bajo el Primer Criterio de Evaluación: Maximización del Ingreso Efectivo	66
2.	Influencia de los Factores Tierra y Trabajo en las Funciones Objetivo de Ingreso Efectivo, Beneficio Económico, Energía Alimenticia y Costo Total, Bajo el Segundo Criterio de Evaluación: Maximización del Beneficio Económico	67
3.	Influencia de los Factores Tierra y Trabajo en las Funciones Objetivo de Ingreso Efectivo, Beneficio Económico, Energía Alimenticia y Costo Total, Bajo el Tercer Criterio de Evaluación: Maximización de la Energía Alimenticia	68
4.	Influencia de los Factores Tierra y Trabajo en las Funciones Objetivo de Ingreso Efectivo, Beneficio Económico, Energía Alimenticia y Costo Total, Bajo el Cuarto Criterio de Evaluación: Minimización del Costo Total	69
5.	Características del Subempleo de Mano de Obra Familiar y del Empleo de Peones, Bajo el Primer Criterio de Evaluación: Maximización del Ingreso Efectivo	73
6.	Características del Subempleo de Mano de Obra Familiar y del Empleo de Peones, Bajo el Segundo Criterio de Evaluación: Maximización del Beneficio Económico	74
7.	Características del Subempleo de Mano de Obra Familiar y del Empleo de Peones, Bajo el Tercer Criterio de Evaluación: Maximización de la Energía Alimenticia	75
8.	Características del Subempleo de Mano de Obra Familiar y del Empleo de Peones, Bajo el Cuarto Criterio de Evaluación: Minimización del Costo Total	76

<u>Figura</u>		Página
9.	Cursograma del Papel que Puede Desempeñar <u>Este Trabajo</u> , dentro de las Investigaciones que se Desarrollan en el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE sobre Sistemas de Cultivos para el Pequeño Agricultor	111
10-I.	Modelo de Programación Lineal con Criterio Múltiple y su Significación: Representación Bidimensional (Reducida)	114
10-II.	Modelo de Programación Paramétrica: Proceso de Parametrización en un Modelo de Programación Lineal (Representación Bidimensional -Reducida-)	117
11.	Representación Analógica del Modelo Matemático y su Procedimiento Analítico	120
12.	Diseño Espacial y Cronológico de los Cultivos en Cada Sistema (Tratamiento y Subtratamiento: T -ST) ..	122