

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA
PROGRAMA DE POSGRADO

**PRIORIZACION DE LAS CUENCAS
HIDROGRAFICAS DE GUATEMALA
PARA PROPOSITOS DE
PLANIFICACION DEL DESARROLLO**

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

Por:

ANGEL ARCE CANAHUI

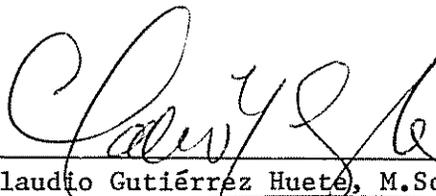
Turrialba, Costa Rica

1989

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

COMITE ASESOR:



Claudio Gutiérrez Huete, M.Sc.

Profesor Consejero



Carlos Reiche, M.Sc.

Miembro del Comité



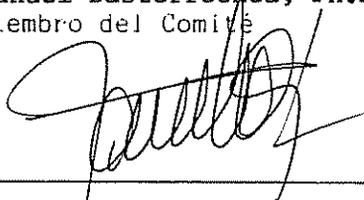
Hernán Contreras Manfredi, M.Sc.

Miembro del Comité



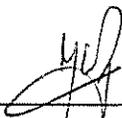
Manuel Basterrechea, Ph.D.

Miembro del Comité



Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.

Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado



Dr. José Luis Parisí

Subdirector General Adjunto de Enseñanza



Angel Arce

Candidato

DEDICATORIA

A Dios: Iluminación, Esperanza y Fortaleza

A mis pequeños hijos Iván Daniel, Leslie Árlene y Edlin Ivonne, razón de ser de mis anhelos

A mi esposa Mayra Esther por su comprensión y estímulo

A la memoria de mi padre Miguel Arce Ortega (Q.D.D.G) y a mi madre Agripina Canahuf Melgar por sus sacrificios y desvelos

A mis hermanos Bernarda, Raquel, Julian, Matea, Diony y Faustino.

A mis suegros, cuñadas y cuñados

Al Pueblo y Campesinos de Guatemala

A la Universidad de San Carlos de Guatemala mi Alma Mater

Al Centro Universitario del Norte

A toda la muchachada de la promoción 87/89 de CATIE con quienes compartí duras jornadas de trabajo pero también momentos de alegría, amistad y fraternidad

AGRADECIMIENTO

Al Mag. Sc. Claudio Gutiérrez, Profesor Consejero, por el interés mostrado en el presente trabajo, por su invaluable colaboración y guía en su elaboración y por su inapreciable amistad y enseñanzas como profesor de la especialidad de Manejo de Cuencas.

A los miembros del Comité Asesor, Mag. Sc. Hernán Contreras y Mag. Sc. Carlos Reiche por sus acertadas correcciones y aportes al documento original.

Al Ph. D. Manuel Basterrechea, miembro del Comité Asesor, por las facilidades y colaboración brindadas en Guatemala como Coordinador del PRMC, para lograr la participación de las diferentes instituciones.

Al Programa de estudios de Posgrado del CATIE y al Proyecto Regional de Manejo de Cuencas, por permitirme la oportunidad de culminar felizmente mis estudios de Maestría

A las personas e instituciones que participaron en forma directa con sus aportes a través de las consultas realizadas

Al Ministerio de Desarrollo Urbano y Rural, por el apoyo institucional en Guatemala

Al personal técnico y administrativo del PRMC en CATIE por la amistad y valiosa colaboración brindada

BIOGRAFIA

El autor nació en San Jerónimo, B. V., Guatemala, el 2 de agosto de 1955. Realizó sus estudios de secundaria en el Instituto Normal Mixto del Norte "Emilio Rosales Ponce", obteniendo en 1974 el título de Maestro de Educación Primaria.

En 1976 ingresó a la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde en 1980 obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo.

Durante el año 1980 se desempeñó como Ayudante de Catedra II en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En 1981 fue nombrado como Profesor Investigador en el Centro Universitario del Norte, donde hasta 1986 se desempeñó como Profesor Adjunto III, Profesor Adjunto II y Profesor Principal III, en diferentes asignaturas de la Carrera Agrícola de dicho centro.

En septiembre de 1987, ingresó al Programa de estudios de posgrado del CATIE, donde en septiembre de 1989 egresó con el grado de Magister Scientiae en Recursos Naturales, en la especialidad de Manejo de Cuencas.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUCCION	1
1.1 DEFINICION DEL PROBLEMA	1
1.2 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION	2
1.3 OBJETIVOS	
1.4 HIPOTESIS	
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	5
2. REVISION DE LITERATURA	9
2.1 LA CUENCA COMO UNIDAD DE PLANIFICACION	
2.2 PLANIFICACION REGIONAL Y MANEJO DE CUENCAS	
2.3 PRIORIZACION DE CUENCAS Y METODOLOGIAS DE PRIORIZACION	18
2.4 CONSIDERACIONES SOBRE EL METODO DELPHI	21
2.5 ESBOSO DE LA SITUACION AMBIENTAL DE GUATEMALA	22
3. MATERIALES Y METODO	29
3.1 METODOLOGIA DE PRIORIZACION	29
3.1.1 IDENTIFICACION Y SELECCION DE VARIABLES	29
3.1.2 DESCRIPCION DE LAS VARIABLES SELECCIONADAS	30
3.1.2.1 VARIABLES BIOFISICAS	30
3.1.2.1.1 Susceptibilidad a la erosión hídrica	30
3.1.2.1.2 Tierra de uso agropecuario	31
3.1.2.1.3 Potencial de riego	33
3.1.2.1.4 Agua superficial	34
3.1.2.1.5 Recurso forestal	36
3.1.2.1.6 Sobre uso del suelo	37
3.1.2.1.7 Contaminación de aguas	39
3.1.2.1.8 Riesgos de inundaciones	40
3.1.2.1.9 Areas protegidas	41
3.1.2.1.10 Potencial hidroeléctrico	43

3.1.2.1.12 Recursos energéticos no convencionales	45
3.1.2.1.13 Recurso turístico	46
3.1.2.1.14 Potencial minero e hidrocarburos	47
3.1.2.1.14 Sismicidad y vulcanismo	49
3.1.2.2 VARIABLES SOCIOECONOMICAS	51
3.1.2.2.1 Densidad de población	51
3.1.2.2.2 Situación de pobreza	52
3.1.2.2.3 Tenencia de la tierra	53
3.1.2.2.4 Población económicamente activa	54
3.1.2.2.5 Índice de salud	55
3.1.2.2.6 Índice de educación	56
3.1.2.2.7 Asistencia técnica	57
3.1.2.2.8 Asistencia crediticia	58
3.1.2.2.9 Grupos étnicos	59
3.1.3 DETERMINACION DE COEFICIENTES DE PONDERACION	60
3.1.4 INVENTARIO DE VARIABLES POR CUENCA	61
3.1.5 DETERMINACION DE LA ESCALA DE TRABAJO	62
3.1.6 CALIFICACION O TRANSFORMACION DE VARIABLES	62
3.1.6.1 VARIABLES BIOFISICAS	65
3.1.6.1.1 Susceptibilidad a la erosión hídrica	65
3.1.6.1.2 Tierra de uso agropecuario	66
3.1.6.1.3 Potencial de riego	67
3.1.6.1.4 Agua superficial	67
3.1.6.1.5 Recurso Forestal	68
3.1.6.1.6 Sobre uso del suelo	68
3.1.6.1.7 Contaminación de aguas	68
3.1.6.1.8 Riesgo a Inundaciones	69
3.1.6.1.9 Areas protegidas	70
3.1.6.1.10 Potencial hidroeléctrico	70
3.1.6.1.11 Accesibilidad	71
3.1.6.1.12 Recursos energéticos no convencionales	71
3.1.6.1.13 Recurso turístico	71

3.1.6.1.14	Potencial minero e hidrocarburos	72
3.1.6.1.15	Riesgo sísmico	72
3.1.6.2	VARIABLES SOCIOECONOMICAS	73
3.1.6.2.1	Densidad de población	73
3.1.6.2.2	Situación de extrema pobreza	73
3.1.6.2.3	Tenencia de la tierra	73
3.1.6.2.4	Población económicamente activa	74
3.1.6.2.5	Índice de salud	74
3.1.6.2.6	Índice de educación	74
3.1.6.2.7	Asistencia técnica	75
3.1.6.2.8	Asistencia crediticia	75
3.1.6.2.9	Grupos étnicos	76
3.1.7	DETERMINACION DEL INDICE DE PRIORIDAD	76
3.2	ANALISIS DE SENSIBILIDAD	78
3.3	ANALISIS DE CLUSTER O CONGLOMERADOS	79
3.4	METODOLOGIA DE COMPATIBILIZACION	79
3.5	DETERMINACION DE PRIORIDAD POR REGIONES	81
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	82
4.1	IDENTIFICACION SELECCION Y PONDEDERACION DE VARIABLES	82
4.2	TRANSFORMACION O CALIFICACION DE VARIABLES	86
4.2.1	VARIABLES BIOFISICAS	86
4.2.2	VARIABLES SOCIOECONOMICAS	89
4.3	RESULTADOS DE LA PRIORIZACION	91
4.4	RESULTADOS DEL ANALISIS DE SENSIBILIDAD	94
4.5	RESULTADOS DEL ANALISIS DE CLUSTER	100
4.6	RESULTADOS DEL ANALISIS DE COMPATIBILIZACION	102
4.7	RESULTADOS DE LA PRIORIZACION REGIONAL	112
5.	CONCLUSIONES	113
6.	RECOMENDACIONES	115
7.	BIBLIOGRAFIA	
8.	ANEXO	125

INDICE DE CUADROS

En el texto

Cuadro	Pagina
Cuadro 1. Compatibilización de desarrollo integrado de cuencas y desarrollo regional	17
Cuadro 2. Jerarquización de variables biofísicas por las diferentes instituciones	83
Cuadro 3. Jerarquización de variables socioeconómicas por las diferentes instituciones	83
Cuadro 4. Lista de variables, componentes y sus respectivos coeficientes	84
Cuadro 5. Índice de prioridad según modelo propuesto	93
Cuadro 6. Posición jerárquica de las cuencas en las sucesivas jerarquizaciones del análisis de sensibilidad	99
Cuadro 7. Cuenca regiones propuestas y sus características	106
Cuadro 8. Comparación entre regiones existentes y las cuenca regiones propuestas	111
Cuadro 9. Índice de prioridad regional	112

En el anexo

Cuadro 1a. Matriz de transformación de variables biofísicas	126
Cuadro 2a. Matriz de transformación de variables socioeconómicas	162
Cuadro 3a. Porcentaje de área susceptible a diferentes categorías de erosión por cuenca	180
Cuadro 4a. Porcentaje de área en diferentes categorías de uso y capacidad de uso de la tierra	181
Cuadro 5a. Proyectos de riego en diferentes fases de desarrollo	182
Cuadro 6a. Producción y contaminación de aguas superficiales por cuenca	185

Cuadro 7a.	Porcentaje de área en sobre uso del suelo y con recurso forestal	186
Cuadro 8a.	Valor esperado del riesgo a inundaciones y porcentaje de área susceptible por cuenca	187
Cuadro 9a.	Recurso turístico y porcentaje de área protegida por cuenca	188
Cuadro 10a.	Proyectos hidroeléctricos en diferentes fases de desarrollo	189
Cuadro 11a.	Densidad de red vial por tipo de vía y cuenca	193
Cuadro 12a.	Recursos energéticos no convencionales y potencial minero e hidrocarburos	194
Cuadro 13a.	Porcentaje de área sujeta a diferentes tipos de riesgo sísmico por cuenca	195
Cuadro 14a.	Características socioeconómicas por cuenca	196

INDICE DE FIGURAS

Fig 1. División político administrativa a nivel de Departamento y región	27
Fig 2. Sectorización por cuencas hidrográficas	28
Fig 3. Cuenca regiones propuestas	110 b

ARCE C, A. 1989. Priorización de las cuencas hidrográficas de Guatemala para propósitos de planificación del desarrollo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 202 p.

Palabras claves: Priorización, cuenca hidrográfica, planificación, compatibilización, límite regional, sensibilidad.

RESUMEN

El presente estudio constituye para Guatemala, una aproximación a la identificación de prioridades en cuencas hidrográficas mayores a nivel nacional. En el mismo se proponen alternativas de ordenamiento territorial a nivel de región de planificación a efecto de mantener en ellas la integridad de las cuencas hidrográficas y sus ecosistemas y se identifican también, prioridades a nivel de región

El estudio se realizó básicamente con los siguientes objetivos: 1) identificar aquellas cuencas que por su potencial de recursos y/o grado de deterioro, y por sus características socioeconómicas, requieran de acciones inmediatas para su desarrollo y manejo y 2) realizar un análisis comparativo entre la regionalización existente en el país en base a límites político administrativos y una regionalización en base a las divisorias de las cuencas hidrográficas mayores, para proponer alternativas de regionalización que mantengan en lo posible la integridad de éstas.

Para lograr priorizar las cuencas se determinó un índice de prioridad aplicando una metodología que parte de la premisa de que los problemas de deterioro en las cuencas hidrográficas, deben abordarse considerando con igual peso las características biofísicas y las condiciones socioeconómicas de las mismas. Esta metodología consistió en una agregación condensada de 15 variables biofísicas y 9 variables socioeconómicas las cuales, se combinaron mediante adición de sus respectivos valores transformados a una misma escala referencial y ponderados según la importancia que cada variable tuviera para la priorización. La identificación y ponderación de las variables se obtuvo mediante consultas escritas realizadas a 26 instituciones públicas relacionadas con la planificación económica y del aprovechamiento y conservación de los recursos naturales del país.

Los valores índices de prioridad obtenidos, se agruparon según su grado de similitud en niveles de prioridad mediante un análisis de cluster

Para una mayor aplicabilidad del estudio, se realizó un análisis de sensibilidad de los resultados, haciendo variar: a) el peso de los grupos de variables biofísicas y socioeconómicas de priorización y b) eliminando en un muestreo con reemplazo cada una de las variables utilizadas.

La compatibilización de las unidades regionales establecidas con cuencas regiones propuestas, se realizó mediante la técnica de sobreposición de mapas.

Como resultados del estudio se identifican las variables más importantes en cada cuenca hidrográfica, se jerarquizan todas las cuencas hidrográficas mayores del país y se determinan 4 niveles de prioridad, identificando las cuencas Samalá, Achiguate y María Linda de las 38 que tiene el país como las cuencas de más alta prioridad, y las cuencas Mopán-Belice, Tikal-Hondo, Moho, San Pedro, Izabal-Río Dulce, Olopa, Temash y Paso Hondo, como las cuencas de más baja prioridad.

El análisis de sensibilidad evalúa la estabilidad de las cuencas a su respectiva posición jerárquica y la importancia que los criterios y determinadas variables de priorización tienen para la ubicación de cada una en el rango de prioridades. Este análisis posibilitó la obtención de un intervalo de confianza para la posición jerárquica media de cada cuenca.

El análisis de compatibilización regional propone ajustar los límites de las regiones actualmente establecidas aproximándolos a límites naturales de cuencas, respetando siempre los límites municipales y en algunos casos los límites departamentales.

Entre las conclusiones del estudio se menciona que las cuencas identificadas como las de más alta prioridad son las más densamente pobladas, expuestas por ende a altos grados de desequilibrio ambiental, con altos potenciales de recursos y condiciones socioeconómicas que requieren de acciones inmediatas para organizar y reorientar el uso, aprovechamiento y conservación de sus recursos naturales.

Entre las recomendaciones se indica que los intereses y respaldo institucional que ya existan para determinadas cuencas, aun cuando éstas no se encuentren dentro de las más altas prioridades y el carácter de cuenca internacional, que no fué valorado en el estudio, deben ser tomados en cuenta en la formulación de los planes de desarrollo y manejo.

ARCE C, A. 1989. Priorization of Guatemalan's watersheds for development planning. Tesis Mag. Sc., Turrialba Costa Rica. CATIE. 202 p.

Key words: Prorization, watershed, planning, compatibility, regional limits, sensibility.

SUMMARY

This study prioritizes the development needs of the major watersheds of Guatemala. Alternatives are proposed for regional planning that respect the integrity of these watersheds and their associated ecosystems.

The study was conducted with the following objectives:

1) The identification of those watersheds, that due to their resource potencial, degree of degradation and socioeconomic characteristics, require immediate actions to guarantee thier sustainable management.

2) To carry out a comparative analysis between the existing administrative regions based on political boundaries and alternatives based on watershed limits.

Watersheds were prioritized by indexing the bio-physical and socio-economic parameters associated with deforestation and watershed degradation. This methodology consisted of evaluating 15 bio-physical and 9 socio-economic variables for each watershed, and their subsequent transformation into standardized values. Each variable was assigned a different weight according to their relative importance.

The resulting scores were grouped using Cluster Analysis to produce tentative priority categories for management. Sensitivity Analysis was used to study the importance of each variable by varying the relative wieghts assigned and by eliminating individual variables in a step-wise fashion.

The Sensitivity Analysis highlights the hierarchical stability of each watershed in terms of it's management priority and the importance attached to each variable evaluated.

The compatibility of existing regional planning limits with watershed planning was analyzed through map overlay techniques. Boundary changes are proposed to incorporate the watershed framework in regional planning, but respect political limits whenever posible.

Among the conclusions and recommendations, it is noted that the high priority watersheds are those most densely populated, with high levels of environmental degradation, but also containing high resource potential. This situation requires immediate attention to organize and reorient natural resource management. Also noted as being relevant is the pre-existing institutional support for management of watersheds that did not rank among the highest priority areas identified in the study. These watersheds should also be seriously considered as candidates for the elaboration of development and management plans.