



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

POSGRADO EN GEOGRAFÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL

**Análisis multicriterio para la priorización de subcuencas  
y municipios para la aplicación de las políticas de  
conservación y aprovechamiento de los recursos  
naturales en la cuenca del lago de Cuitzeo**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
**MAESTRO EN GEOGRAFÍA**  
(MANEJO INTEGRADO DEL PAISAJE)

P R E S E N T A  
**Daniel Iura González Terrazas**

DIRECTOR DE TESIS: Dr. Manuel Mendoza Cantú

**CIGA**

CENTRO DE INVESTIGACIONES  
EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL

MORELIA, MICHOACÁN.

NOVIEMBRE 2008

# Resumen

## INTRODUCCIÓN

El objetivo del estudio es la identificación de áreas prioritarias para la implementación de políticas ambientales con intención de apoyar el desarrollo sustentable en la cuenca del lago de Cuitzeo. Este trabajo se enfoca en dos importantes políticas: Conservación y Uso sustentable. La identificación y priorización se basó en el uso de un proceso de toma de decisiones espacial multicriterio. Los criterios se refieren a los objetivos (definidos por las políticas ambientales) y los atributos (definidos por las características socio-ambientales de la cuenca). El proceso de análisis jerárquico (AJ) fue la herramienta que permitió analizar la aptitud de los municipios y subcuencas a partir de los datos espaciales. Durante la fase de definición del problema, los atributos para cada política fueron identificados y posteriormente utilizados en la fase de evaluación (diseño). La ordenación (fase de selección) se basó en la aptitud global de cada una de estas unidades espaciales con respecto a las políticas ambientales evaluadas. Para la validación de los resultados se generaron cuatro escenarios para cada una de las políticas ambientales. Se generó un mapa integrado que agrupa las unidades espaciales en función del desempeño de estas en los diferentes escenarios. Por último, se realizó un análisis de conflictos potenciales para la aplicación de las políticas ambientales para cada subcuenca y municipio. Se encontró que al utilizar la subcuenca, como unidad de análisis se tiene un 25 por ciento más de superficie “sin conflicto”, con respecto a la utilización de los municipios. Lo que apoya la idea de que la promoción de aplicación de recursos a programa de políticas a nivel de subcuencas generaría mayores consensos, minimizando los conflictos entre los sectores.

La cuenca del Lago de Cuitzeo (CLC), localizada en el Cinturón Volcánico Transmexicano, forma una unidad natural que en su mayoría presenta las condiciones de degradación ambiental que son comunes a otras regiones de México y de otros países de la región intertropical con economías en desarrollo. Debido a que la CLC carece de drenaje superficial al exterior (es una cuenca cerrada o endorreica), todos los procesos ambientales que ocurren en su interior tendrán un efecto en otros ecosistemas de la misma cuenca, lo cual facilita el análisis de la dependencia entre dichos procesos. La degradación ambiental en el área de estudio tiene su principal expresión tanto en el deterioro de sus sistemas productivos como el de sus ecosistemas. Estos procesos negativos tienen sus principales causas en el impacto derivado del inadecuado manejo agropecuario y las deficiencias en el tratamiento de aguas residuales. Algunas áreas con alto valor biológico de la CLC se enfrentan al riesgo de perder su capital natural y equilibrio ecológico, mientras que otras áreas de la zona con alto potencial productivo para actividades forestales, de ecoturismo y agrícolas, entre otras, han sido mal aprovechadas debido a deficiencias en la evaluación de la aptitud de tierras (Mendoza, *et al.*, 2001).

Es un hecho reconocido que las cuencas son la unidad natural más apropiada para hacer un análisis espacial de los componentes ambientales (Cotler *et al.*, 2004), pero a pesar de ello, los recursos

financieros destinados a programas ambientales son asignados a unidades económico administrativas: los municipios.

Como consecuencia, surge la necesidad de establecer un método racional y transparente para la asignación de recursos financieros para mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales de la CLC. Es imperativo contar con mecanismos capaces de dar sustento tanto a las negociaciones entre los actores sociales como a la construcción de escenarios para la elección de las alternativas más adecuadas. Estas aproximaciones metodológicas deben de tomar en cuenta la totalidad de la complejidad de los aspectos espaciales de los procesos ambientales, al tiempo que constituyan una base sobre la cual se alcancen los objetivos de manejo del territorio a los distintos niveles administrativos.

Este trabajo se centra en desarrollar un procedimiento de identificación y agregación de áreas prioritarias en municipios y subcuencas para la aplicación de las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable dentro de la CLC. Esto con la finalidad de establecer una jerarquía de la aptitud potencial de los municipios y subcuencas para la aplicación de estas políticas ambientales y de esa manera fortalecer el desarrollo sustentable de la CLC.

### **Localización y Generalidades**

La cuenca cerrada del Lago de Cuitzeo se localiza en la región central de México dentro del Cinturón Volcánico Transmexicano, en el estado de Michoacán. Las coordenadas extremas son: 19° 30', 20° 05' LN y 100° 35', 101° 30' LO. Ocupa una superficie de aproximadamente 4, 000 km<sup>2</sup>. Al fondo de la cuenca se localiza el segundo cuerpo de agua más grande de México, el cual se caracteriza por ser somero (entre 1 m y 2 m) y salobre. El área de estudio se ubica en una zona transicional, entre los climas templado seco y templado húmedo.

Las coberturas predominantes por superficie, para el año 1975, fueron cultivos de temporal, matorrales, bosques y cultivos de riego; mientras que en el año 2000 y 2003 fueron matorrales, bosques, cultivos de temporal y cultivos de riego. La cobertura de bosques templados se localiza en la porción sur de la cuenca, mientras que la cobertura de matorrales se presenta principalmente en la porción centro y norte de la misma. Proporcionalmente, el área ocupada por los asentamientos humanos creció al doble, lo que indica una alta tasa de transformación de otras coberturas hacia asentamientos humanos. El asentamiento urbano más importante dentro de la cuenca es la ciudad de Morelia, localizada en la sección central de la zona de estudio, seguida por la ciudad de Zinapécuaro. Dentro de la cuenca se encuentran total o parcialmente 28 municipios.

## **METODODOLOGIA**

### **Análisis Espacial**

El análisis espacial se enfocó en la identificación de los indicadores biofísicos o socioeconómicos más adecuados para evaluar y jerarquizar el potencial de los municipios y subcuencas para la aplicación de las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable. La interpretación visual del arreglo de las curvas de nivel y el patrón de drenaje a escala 1:50,0000, permitió diferenciar 38 subcuencas que drenan o a la planicie del lago o directamente al lago.

## **El método utilizado incluyó cuatro fases:**

1. Formulación del problema Esta es la fase de formulación del problema y que conduce a construir la estructura de los criterios para cada política con base en el AJ. La secuencia de actividades en esta fase fue: (1) Identificar los objetivos de la aplicación de las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable con base en los requerimientos establecidos en las leyes ambientales locales; (2) Definir criterios apropiados para caracterizar cada objetivo principal y secundario, y (3) Definir las limitaciones de cada objetivo principal y secundario para establecer las áreas no aptas para las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable.

2. Evaluación de la aptitud total de los municipios y subcuencas. En la fase de evaluación se obtienen los indicadores que pueden emplearse para la evaluación de la aptitud de los municipios y subcuencas de la CLC para la aplicación de las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable. El objetivo principal de esta fase es ejecutar el Análisis Espacial Multicriterio (AEM) empleando la estructura de criterios y limitaciones definidos en la fase previa para obtener el mapa de aptitud para las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable. En esa fase se define la importancia relativa de los criterios e indicadores con base en la elaboración de Matrices de Comparación Pareada (MCP).

3. Jerarquización de las unidades. Esta fase condujo a la evaluación y jerarquización de los municipios y subcuencas con base en su aptitud total para la aplicación de las políticas de conservación y aprovechamiento sustentable. Las actividades en esta fase son:

(1) Definición de una nueva estructura de criterios para la evaluación de las unidades espaciales para cada política ambiental.

(2) Definición de los escenarios decreto, demanda y oferta:

(2.1.) Decreto, en el cual se le da mayor importancia a las estrategias y políticas decretadas en el programa de ordenamiento ecológico de la CLC.

(2.2) Demanda, en el cual se le da mayor importancia a la demanda social inferida por el índice de marginación.

(2.3) Oferta, en el cual se le da mayor importancia al índice de aptitud definido por el AEM.

(3) Elaboración del AEM con la nueva estructura de criterios, tomando en cuenta la generación de tres escenarios para cada política ambiental evaluada.

4. Análisis de sensibilidad y de conflictos. Los resultados son examinados con relación a diferentes escenarios con intención de verificar la robustez del método y reconocer la afinidad de las unidades analizadas para una cierta política ambiental.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

Con base en los árboles multicriteriales representados en las Cuadros 1 y 2, se definió lo siguiente. Política de conservación. Las unidades con los valores más altos del índice de aptitud se dividen en dos grupos. El primer grupo se distribuye en la parte alta de la cuenca en donde predomina un paisaje de montaña y lomeríos, la cubierta vegetal se constituye principalmente por bosque de pino, bosque mixto de pino-encino y en las partes más altas bosque de abies.

Política de uso sustentable. Las unidades con los valores más altos del índice de aptitud para la aplicación de esta política son las que se encuentran en las partes bajas de la cuenca en la planicie lacustre, y en la zona norte donde se desarrolla una intensa actividad agrícola de riego y de temporal.

Con base en la distribución de los valores del índice de aptitud de las unidades, se construyeron las clases de aptitud. La comparación del desempeño de cada unidad para cada política ambiental determina el tipo de conflicto presente

Se identifican tres distintas orientaciones en relación a las políticas ambientales: las subcuencas y municipios orientados a las actividades productivas ubicados en la parte baja de la cuenca sobre la planicie lacustre, las unidades territoriales orientadas a actividades de conservación localizados en las zonas de cabecera y las unidades territoriales con orientación mixta, comprendiendo los ambientes de transición entre las partes altas y bajas de la Cuenca

El tipo de conflicto más ampliamente distribuido en la CLC es el “Mixto 3er orden”, es decir, la mayoría de las unidades territoriales, ya sean los municipios o las subcuencas, tienen al mismo tiempo un grado moderado de aptitud para las dos políticas.

La superficie total ocupada por afinidad para las políticas ambientales no cambia significativamente si se consideran los municipios o las subcuencas. Sin embargo, la superficie total “Sin conflicto 1er orden” aumenta considerablemente en la cuenca, tomando en cuenta una división territorial por subcuencas en relación a los municipios. Apoyando la idea de que la promoción de aplicación de recursos a programas de políticas a nivel de subcuencas generaría mayores consensos, minimizando los conflictos entre sectores.

## **CONCLUSIONES**

La combinación del AMC y el AJ permiten la transformación de juicios lógicos cualitativos en valores cuantificables relacionados con los atributos seleccionados para el estudio. De esta manera se facilita la integración de los datos espaciales de acuerdo a los objetivos de cada una de las políticas ambientales analizadas.

El análisis de procesos de cambio en periodos múltiples, de corto y largo plazo, permite identificar las tendencias de cambio de uso del terreno. Este proceso puede incorporarse al análisis de aptitud para la aplicación de políticas ambientales como un atributo del paisaje; lo anterior constituye un enfoque novedosos en la toma de decisiones espaciales en la CLC.

Los resultados del análisis de conflictos apoya la idea de que la aplicación de recursos a programas ambientales a nivel de subcuencas generaría mayores consensos, minimizando los conflictos entre los sectores involucrados.

Los resultados del presente estudio sugieren que puede optimizarse la asignación de recursos financieros por subcuencas y municipios, maximizando la eficiencia de un presupuesto limitado para las políticas de conservación y de uso sustentable.

# Abstract

The objective of the present study is to identify areas with priority for the implementation of environmental policies to provide support to the sustainable development in the lake Cuitzeo basin. Two important environmental policies are focused in the present work: Conservation and Sustainable use.

The identification of priorities was based in a spatial multicriteria decision making process involving the evaluation of alternatives that minimize conflicts. The criteria relate to two concepts: 1) the objectives (defined by the environmental policies) and 2) the attributes (defined by the socio-environmental characteristics of the territory).

The attributes for the representation of the system were chosen considering their relevance for achieving the main objectives of the environmental policies evaluated in the present work. The spatial data were organized in a systematic and hierarchical manner in order to generate information for decision making at the level of municipality and sub-watershed. The process of hierarchical analysis allowed for the analysis of suitability of municipalities and sub-watersheds by means of spatial data. During the definition (intelligence) phase the problem is defined and the key factors identified and later incorporated in the evaluation (assessment) phase. The ranking (choice) phase allowed for the evaluation and ranking of municipalities and sub-watersheds based on total suitability for the implementation of each environmental policy considered here.

The present research demonstrated that change of landscapes along time is basic to understand the subjacent factors and their functional effects. The processes of change in vegetation cover and land use were compared in a long (1975-2003) and a short period (1996-2003).

In general, the municipalities located in the low portions of the basin on the lacustrine plain, hills and piedmonts have the highest suitability for sustainable use policy implementation. This is due to the fact that these areas fulfill the requirements needed for rain fed and irrigation agriculture and for cattle grazing. The municipalities in the higher portions of the basin have more total suitability for the application of the conservation policy, because they are characterized by having zones of well-preserved forest cover in high hills and mountain landscapes.

On the other side, the sub-watersheds with the higher values of the suitability indexes for the implementation of programs for sustainable development are those located in the lower parts of the basin near the limits of the lacustrine plain, where the dominant land cover, besides agriculture are grasslands in which most of the cattle grazing activity in the basin takes place. Evidently, the sub-watershed with the highest suitability is Tarímbaro - Queréndaro, mostly located on the lacustrine plain, having high suitability index values in over a 90 percent of its total surface. The sub-watersheds having a higher susceptibility of being incorporated to conservation programs are located in the higher portions of the lake Cuitzeo basin, where mountain and hill landscapes are predominant and the dominant land covers are pine forest, mixed pine-oak forest and, in higher

elevations, fir forest. A relevant feature of these higher areas is the presence, although isolated, of ravines with mesophytic conditions having a high biological value. Municipalities and sub-watersheds with well-preserved forest cover in hills and mountains are important due to the environmental services they provide (soil retention, aquifer recharge, biodiversity, among others).

Also, the sub-watersheds in the northern part of the basin in contact with Lake Cuitzeo are also relevant as a second group of territorial units with potential for the application of conservation programs. Some of the latter sub-watersheds are characterized by the recovery of the vegetation cover through a process of scrubland regeneration that is mainly caused by the abandonment of agricultural land during the past 30 years, diminishing the processes of soil erosion.

To validate the results of the present work, four scenarios were generated for each one of the environmental policies. For this goal, the relative importance of the main criteria was altered, i.e., a scenario of Supply was created favoring the suitability of the territorial unit; a second demand scenario favors social demand of terrain assessed by the marginality index by spatial unit; a third scenario of decree, favors the assignation of a given environmental policy to units of environmental management by the official environmental plan in the lake Cuitzeo basin; and finally, a fourth scenario without weighting of the main goals. The suitability index values for each of the four proposed scenarios were classified based on the frequency distribution histogram. Finally, the suitability for each scenario was integrated for each policy and an integrated map was generated aggregating the spatial units in terms of their performance in these scenarios.

As a part of the validation phase, an analysis was made of potential conflicts for the application of both environmental policies for each municipality and sub-watershed. Six conflict classes were defined. Three of these conflict classes group units with a certain degree of suitability for a given policy and unsuitable for the other one. The remaining three classes include “mixed” territorial units, i.e., units having a certain degree of suitability for both of the environmental policies. To each territorial unit an affinity for either environmental policy was assigned, except to units having the same suitability for the conservation and sustainable use policies.

One of the more relevant indicators resulting from the conflict analysis is the total surface within the lake Cuitzeo basin not showing conflict for the application of one or the other environmental policy. When municipalities and sub-watersheds were compared it was seen that using sub-watersheds as the unit of analysis the surface area (in Km<sup>2</sup>) that does not present conflicts is of 34 percent of the total basin, while if municipalities are analyzed, the same area is of a 9 percent. Hence, if the sub-watersheds are used the areas without conflict are 25 per cent larger than if municipalities are analyzed. This finding supports the idea that promoting the assignment of resources for programs related to environmental policies at the level of sub-watershed would facilitate reaching a consensus, thus minimizing conflicts between sectors.

The approach and methodology applied in the present work are valuable tools for integrated watershed management and for ecological and territorial planning and regulation, in particular considering the scarcity of financial resources assigned to environmental programs derived from



environmental policies resulting from territorial ecological planning and regulation programs. The organization of information may facilitate communication between environmental authorities at different levels and promote the assignation of financial resources to environmental and productive purposes.

# Table of content

<i>Resumen</i> .....	<i>ii</i>
<i>Abstract</i> .....	<i>vii</i>
<i>Agradecimientos</i> .....	<i>x</i>
<b>LIST OF FIGURES</b> .....	<b>XIII</b>
<i>List of tables</i> .....	<i>xiv</i>
<i>List of equations</i> .....	<i>xiv</i>
<i>List of annexes</i> .....	<i>xv</i>
<i>Acronyms and abbreviations</i> .....	<i>xv</i>
<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
1.1. Problem statement .....	1
1.2. Research objectives .....	1
1.2.1. General Objective.....	2
1.2.2. Particular objectives .....	2
1.2.3. Research questions .....	2
1.3. Research method and structure of the thesis .....	2
<b>2. BACKGROUND</b> .....	<b>4</b>
2.1. Integrated watershed management .....	4
2.2. Spatial Decision Support System .....	6
2.3. Multicriteria analysis.....	7
2.3.1. Components of a criteria tree .....	8
2.3.2. Partial valuation.....	9
2.4. Analytic Hierarchy Process .....	9
2.4.1. Pairwise comparison .....	10
2.5. Ecologic Management Plan of the watershed of Lake Cuitzeo.....	11
2.6. Environmental policies.....	12
2.6.1. Conservation.....	12
2.6.2. Sustainable use .....	13
2.6.3. Restoration .....	13
2.6.4. Protection .....	13
2.7. Environmental management units .....	13
<b>3. STUDY AREA</b> .....	<b>15</b>
3.1. Localization and general characteristics.....	15
3.2. Land cover.....	16
3.3. Municipality arrangement of the basin.....	17
3.4. Sub-watersheds arrangement of the basin .....	18
<b>4. METHOD AND MATERIALS</b> .....	<b>21</b>
4.1. Materials.....	23
4.1.1. Spatial Data .....	23
4.1.2. Non spatial data.....	25
<b>5. PROBLEM FORMULATION “INTELLIGENCE PHASE”</b> .....	<b>26</b>
5.1. Conservation policy: Objective and characteristics of ideal areas .....	26

5.1.1.	Definition of criteria for the conservation policy .....	26
5.2.	Sustainable use policy. Objective and characteristics of ideal areas .....	30
5.2.1.	Definition of criteria for the sustainable use policy .....	31
5.3.	Constraints definition .....	34
<b>6.</b>	<b>SUITABILITY ASSESSMENT .....</b>	<b>35</b>
6.1.	Construction of indicators to assess the sub-objectives .....	38
6.1.1.	Forest degradation-deforestation .....	38
6.1.2.	Forest stability .....	40
6.1.3.	Stable productive areas.....	43
6.2.	Partial valuation.....	45
6.3.	Relative importance of the criteria .....	48
6.4.	Overall cell-based suitability assessment .....	49
6.5.	Municipalities suitability assessment .....	52
6.5.1.	Conservation policy.....	52
6.5.2.	Sustainable use policy .....	53
6.6.	Sub-watershed assessment .....	54
6.6.1.	Conservation policy.....	54
6.6.2.	Sustainable use policy .....	55
<b>7.</b>	<b>RANKING OF THE WORK UNITS “CHOICE PHASE” .....</b>	<b>59</b>
7.1.	Distribution of the suitability indexes in the LCB .....	59
7.2.	Criteria structure for the ranking phase.....	61
7.2.1.	Supply .....	61
7.2.2.	Demand .....	62
7.2.3.	Decree .....	63
7.3.	Partial valuation.....	64
7.4.	Relative importance of the criteria. Scenario generation .....	64
<b>8.</b>	<b>SENSITIVITY AND CONFLICT ANALYSIS .....</b>	<b>66</b>
8.1.	Sensitivity analysis .....	66
8.1.1.	Conservation policy.....	67
Municipalities.....	67	
Sub-watersheds .....	70	
8.1.2.	Sustainable use policy .....	73
Municipalities.....	73	
Sub-watersheds .....	75	
8.2.	Conflict Analysis.....	78
8.2.1.	Municipalities.....	78
8.2.2.	Sub-watersheds.....	81
<b>9.</b>	<b>DISCUSSION.....</b>	<b>86</b>
9.1.	System design and criteria selection .....	86
9.2.	Relative importance of the criteria .....	88
9.3.	Applicability of the method.....	89
<b>10.</b>	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>90</b>
<b>11.</b>	<b>RECOMMENDATIONS .....</b>	<b>92</b>

<b>12. REFERENCES</b> .....	<b>93</b>
<b>13. ANNEXES</b> .....	<b>96</b>

## List of figures

Figure 1 Five basic stage of IWM. Modified from Hufschmidt (1986).....	4
Figure 2 Forces affecting IWM. Modified from Heathcote, 1988 .....	6
Figure 3 Localization of Lake Cuitzeo Basin. LANDSAT (Merge) 2003 .....	15
Figure 4 Generalized land cover 2003 (Mendoza et al., 2006) .....	16
Figure 5 Distribution of municipalities within the Lake Cuitzeo Basin.....	17
Figure 6 Sub-watersheds arrangement within the basin.....	19
Figure 7 Simplified scheme of the three-phase process .....	22
Figure 8 Two paths to evaluated the alternatives modified from Sharifi et al., 2004 .....	23
Figure 9 Criteria structure for assessing the suitability for the conservation policy in the LCB .....	27
Figure 10 Criteria structure for assessing the suitability for the sustainable use policy in the LCB.	31
Figure 11 Conservation decision tree in the spatial SMCE module in the ILWIS interface.....	35
Figure 12 Sustainable use decision tree in the spatial SMCA module in the ILWIS interface.....	35
Figure 13 Forest degradation/deforestation factor. Flow chart and resulting maps .....	39
Figure 14 Forest degradation/deforestation map .....	40
Figure 15 Forest stability factor. Flow chart and maps .....	42
Figure 16 Forest stability map.....	43
Figure 17 Stable productive areas factor. Flow chart.....	44
Figure 18 Stable productive areas map .....	45
Figure 19 Conservation. Overall cell-based suitability map .....	50
Figure 20 Sustainable use. Overall cell-based suitability map.....	51
Figure 21 Aggregation of the cell-based maps into watersheds and municipalities .....	58
Figure 22 Frequency histogram of the conservation suitability map .....	60
Figure 23 Frequency histogram for the sustainable use suitability map .....	61
Figure 24 Construction of suitability classes based on the distribution of the suitability values.....	67
Figure 25 Prioritization of municipalities. Conservation policy .....	69
Figure 26 Prioritization of sub-watersheds. Conservation policy. ....	72
Figure 27 Prioritization of municipalities. Sustainable use policy.....	74
Figure 28 Prioritization of sub-watersheds. Sustainable use policy.....	77
Figure 29 Map of potential conflicts among environmental policies by municipality.....	80
Figure 30 Map of potential conflicts among environmental policies by sub-watershed.....	83
Figure 31 Aggregated surfaces by municipality in the LCB.....	84
Figure 32 Aggregated surfaces by sub-watershed in the LCB .....	85

## List of tables

Table 1 Attributes of criteria and indicators.....	9
Table 2 Summary of the most used standardization method.....	9
Table 3 Pairwise Comparison scale (Saaty, 1980).....	10
Table 4 Pairwise Comparison Matrix (PCM).....	10
Table 5 Steps to determine weights.....	11
Table 6 Land cover 2003 (Mendoza et al., 2006) .....	16
Table 7 Municipalities within the Lake Cuitzeo Basin .....	18
Table 8 Sub-watersheds within the Lake Cuitzeo Basin .....	19
Table 9 Criteria and related factors for Conservation policy .....	36
Table 10 Criteria and related factors for Sustainable use policy.....	37
Table 11 Standardisation methods. Conservation policy indicators .....	46
Table 12 Standardisation methods. Sustainable use policy indicators .....	47
Table 13 Standardisation methods. Constrains indicators .....	47
Table 14 Assigned weights product of the PCM. Conservation multicriteria tree.....	48
Table 15 Assigned weights for each factor and groups of factors for the sustainable use policy .....	49
Table 16 Results of the SMCE for the municipalities. Conservation policy.....	53
Table 17 Results of the SMCE for the municipalities. Sustainable use policy .....	54
Table 18 Results of the SMCE for the subwatersheds. Conservation policy .....	56
Table 19 Results of the SMCE for the subwatersheds. Sustainable use policy.....	57
Table 20 Different sets of weights for the four scenarios in the SMCE.....	65
Table 21 Suitability of municipalities by scenario for the policy of conservation.....	68
Table 22 Suitability for conservation policy application of sub-watersheds by scenario. ....	71
Table 23 Suitability of municipalities for the sustainable use policy by scenario. ....	73
Table 24 Suitability of sub-watersheds for the sustainable use policy by scenario. ....	75
Table 25 Types of suitability conflict in territorial units.....	78
Table 26 Type of conflict and affinity by municipality .....	79
Table 27 Type of conflict and affinity by sub-watershed .....	82
Table 28 Aggregated surfaces in Km2 within the LCB by municipality .....	84
Table 29 Aggregated surface in Km2 within the LCB by sub-watershed.....	85

## List of equations

Equation 1 Weighted linear combination.....	11
Equation 2 Interval normalization for a benefit factor .....	46
Equation 3 Interval normalization for a cost factor.....	46
Equation 4 Connectedness .....	62
Equation 5 Cost factor. Maximum standardization.....	64

## List of annexes

Annex 1 Pairwise comparison matrix. Conservation policy .....	96
Annex 2 Pairwise comparison matrix. Sustainable use policy .....	99
Annex 3 Main criteria, indicators, and related classes for the conservation policy .....	102
Annex 4 Main criteria, indicators, and related classes for the sustainable use policy.....	102
Annex 5 Utilities for the scenarios by municipality .....	103
Annex 6 Utilities for the scenarios by sub watershed .....	107

## Acronyms and abbreviations

AHP	Analytic Hierarchy Process
SMCA	Spatial Multi-criteria Analysis
DSS	Decision Support System
EMPLCB	Environmental Management Plan of Lake Cuitzeo Basin
EMU	Environmental Management Units
LCB	Lake Cuitzeo Basin
LEEPAE	Law for the Ecologic Equilibrium for the Environmental Protection of Michoacán
LGEEPA	General Law for the Ecologic Equilibrium for the Environmental Protection
MCA	Multi-criteria analysis
MCDM	Multi-Criteria Decision Making
PCM	Pairwise Comparison method
SDSS	Spatial Decision Support Systems