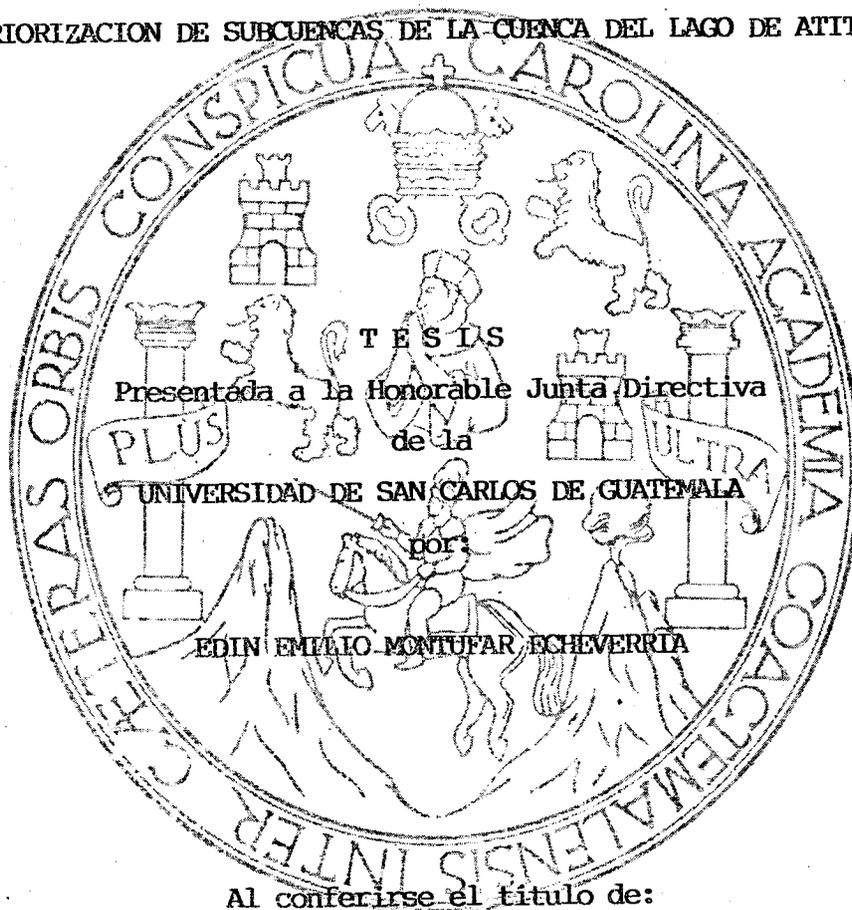


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

"PRIORIZACION DE SUBCUENCAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLAN"



Al conferirse el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

con el grado académico de:

LICENCIADO

DIGITALIZADO

Guatemala, Marzo de 1990

DL
01

T(1000)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

R E C T O R

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Aníbal B. Martínez M.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez G.
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Efraín Medina G.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Wotzbelí Méndez Estrada
VOCAL CUARTO:	P.A. Hernán Perla González
VOCAL QUINTO:	P.A. Julio López Maldonado
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio

Guatemala, 27 de Marzo de 1990

Ingeniero Agrónomo Hugo Tobias
Director del Instituto de Inves-
tigaciones Agronómicas
Facultad de Agronomía
Ciudad.

Señor Director:

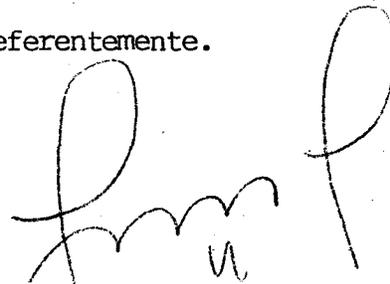
Atentamente nos dirigimos a usted, para hacer de su conocimiento que atendiendo a la designación que se nos hiciera, hemos procedido a asesorar y revisar el trabajo de tesis del estudiante **EDIN EMILIO MONIUFAR ECHEVERRIA**, que tiene como título "**PRIORIZACION DE SUBCUENCAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLAN.**"

Hemos de manifestarle que dicho trabajo reúne los requisitos académicos exigidos por la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por lo que respetuosamente, **SOLICITAMOS**, se apruebe como Tesis de Grado.

Sin otro particular, nos suscribimos de usted deferentemente.



Ing. Agr. Gilberto Alvarado
Colegiado No. 504



Ing. Agr. Alan Gonzalez F.
Colegiado No. 541

Guatemala, 27 de Marzo de 1990

Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
de Guatemala
Ciudad.

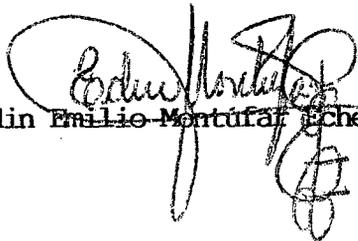
Señores Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestras consideración, el trabajo de tesis titulado:

"PRIORIZACION DE SUBCUENCAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLAN"

Lo anterior, como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables en el grado académico de Licenciado.

Sin otro particular, me es grato suscribirme con las muestras de mi alta consideración.


Edin Emilio Montúfar Echeverría

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS:** Por la fuerza y confianza que me inspiró.
- A GUATEMALA:** Por permitir que culmine este camino.
- A MIS PADRES:** José Emilio Montúfar Zaro y Emilia Echeverría de Montúfar, por apoyar mis estudios y mis esfuerzos.
- A MIS HERMANOS:** Axel Haroldo y Edith Maribel Montúfar Echeverría, por la comprensión brindada.
- A MI ESPOSA:** Sofía Rodríguez por su amor y comprensión.
- A MIS HIJOS:** Edin Emilio y José Manolo Montúfar Rodríguez, por que sea una de sus metas a superar.
- A MIS ASESORES:** Por su orientación y enseñanza.
- A MIS AMIGOS DE INFANCIA Y UNIVERSIDAD:** Por su amistad y cariño.
- A MIS COMPAÑEROS:** Por su apoyo y colaboración.
- AL PUEBLO DE GUATEMALA.**

INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCION	1
1.1 Definición del problema	3
1.2 Justificación	4
2. OBJETIVOS	5
2.1 General	5
2.2 Específicos	5
3. REVISION DE LITERATURA	6
3.1 Los recursos naturales renovables	6
3.2 Los recursos naturales renovables en el mundo	6
3.3 Recursos naturales renovables en Guatemala	8
3.4 Cuenca hidrográfica	8
3.4.1 Clasificación de cuencas hidrográficas	9
3.5 Priorización de cuencas	9
3.6 Metodologías aplicadas en el estudio de cuencas en Costa Rica, Nicaragua y Venezuela	9
3.7 Cuenca del lago de Atitlán	13
3.7.1 Ubicación	13
3.7.2 Extensión	15
3.7.3 Subcuencas componentes	15
3.7.3.1 Subcuenca río Quiscab	15

	PAGINA
3.7.3.2 Subcuenca río Panajachel	17
3.7.3.3 Subcuenca Azul	17
4. METODOLOGIA	20
4.1 Parámetros a evaluarse	20
4.2 Procedimiento	21
4.3 Descripción y aplicación de los parámetros	22
4.3.1 Parámetro 1. Recurso humano	22
4.3.2 Parámetro 2. Grado de erosión	23
4.3.3 Parámetro 3. Receptividad del poblador rural	25
4.3.4 Parámetro 4. Cobertura boscosa	29
4.3.5 Parámetro 5. Accesibilidad y vías de comunicación	30
4.3.6 Parámetro 6. Recurso areas silvestres	33
4.3.7 Parámetro 7. Disponibilidad del recurso hídrico	34
4.3.8 Parámetro 8. Grado de contaminación de los recursos agua y suelo	37
4.3.9 Parámetro 9. Tamaño de la subcuenca	38
4.3.10 Parámetro 10. Recurso turismo	39
4.3.11 Resumen	41
5. RESULTADOS	43
5.1 Subcuenca río Quiscab	43
5.2 Subcuenca río Panajachel	60
5.3 Subcuenca Azul	73
6. ANALISIS DE RESULTADOS	87
7. CONCLUSIONES	89
8. RECCOMENDACIONES	92
9. BIBLIOGRAFIA	97

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
1 Valor relativo del parámetro recurso humano	22
2 Puntaje según grado y extensión de la erosión en la subcuenca.	24
3 Valor relativo del parámetro grado de erosión	25
4 Puntaje por grado de receptividad.	28
5 Valor relativo del parámetro receptividad del poblador rural.	28
6 Valor relativo del parámetro cobertura boscosa.	30
7 Puntaje de acuerdo al grado de conservación de caminos.	32
8 Valor relativo del parámetro accesibilidad y vías de comunicación.	32
9 Puntaje según situación de los proyectos.	33
10 Valor relativo del parámetro áreas silvestres.	34
11 Puntaje de acuerdo al grado de satisfacción de la demanda.	36
12 Valor relativo del parámetro disponibilidad del recurso hídrico.	36
13 Puntaje según el grado de contaminación de centros poblados.	38
14 Valor relativo del parámetro grado de contaminación de los recursos agua y suelo.	38
15 Valor relativo del parámetro tamaño de la subcuenca.	39
16 Valor relativo del parámetro recurso turismo.	40
17 Resumen de los parámetros utilizados para priorizar las subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán y sus correspondientes valores absoluto (VA) y relativo (VR).	42
18 Volúmenes de población por centro poblado de la subcuenca del río Quiscab.	44

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
19 Índice para número de habitantes por subcuenca.	45
20 Índice para densidades de población por subcuenca.	45
21 Porcentaje de área afectada por tipo y grado de erosión.	46
22 Beneficiarios según tipo de tenencia de la tierra.	48
23 Estado de conservación y clase de camino.	51
24 Porcentaje de areas por subcuenca.	55
25 Número de hoteles y habitaciones por lugar poblado y subcuenca.	56
26 Índice de habitaciones por subcuenca.	57
27 Índice de hoteles por subcuencas.	58
28 Resumen de los valores absoluto (VA), relativo (VR), coeficiente de ajuste (Ca) de los parámetros evaluados en la subcuenca del río Quiscab y su puntaje total (Vsc).	59
29 Volúmenes de población por centro poblado de la subcuenca del río Panajachel.	60
30 Porcentaje de área afectada por tipo y grado de erosión.	62
31 Beneficiarios según tipo de tenencia de la tierra.	63
32 Estado de conservación y clase de camino.	66
33 Resumen de los valores absoluto (VA), relativo (VR), coeficiente de ajuste (Ca) de los parámetros evaluados en la subcuenca del río Panajachel y su puntaje total (Vsc)	72
34 Volúmenes de población por centro poblado de la subcuenca Azul.	73
35 Porcentaje de área afectada por tipo y grado de erosión.	75
36 Beneficiarios según tipo de tenencia de la tierra.	76
37 Estado de conservación y clase de camino.	79
38 Proyectos de areas silvestres en la subcuenca Azul.	80
39 Resumen de los valores absoluto (VA), relativo (VR), coeficiente de ajuste (Ca) de los parámetros evaluados en la subcuenca Azul y su puntaje total (Vsc).	85

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Localización de la cuenca del lago de Atitlán dentro del sistema de vertientes de Guatemala.	14
2	Mapa de cuencas que limitan con la cuenca del lago de Atitlán. Guatemala.	16
3	Mapa de ubicación de la cuenca del lago de Atitlán. Guatemala	17
4	Mapa de subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán. Guatemala.	18
5	Mapa de la subcuenca priorizada (del río Panajachel) del lago de Atitlán. Guatemala.	90

"PRIORIZACION DE SUBCUENCAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLAN"

"ESTABLISHMENT OF SUBWATERSHED PRIORITIES IN THE ATITLAN LAKE WATERSHED"

RESUMEN

En la cuenca del lago de Atitlán existen tres subcuencas importantes: la del río Quiscab, la del río Panajachel y la subcuenca Azul.

Para la priorización de estas subcuencas se utilizó, como base, la metodología para priorización de cuencas, subcuencas y microcuencas en conservación de suelos y aguas propuesta por el Ministerio de Agricultura del Perú (1), introduciéndole parámetros de mayor importancia para el área y suprimiendo otros que se consideraron no adecuados o de los que se carecía de información para evaluarlos.

La cuenca prioritaria se determinó evaluando diez parámetros, asignándole a cada uno los correspondientes valores absoluto (VAi) y relativo (VRI) además del coeficiente de ajuste (Cai), que permitieron determinar el puntaje total (Vsc) para cada subcuenca.

Los valores totales son los siguientes: para la subcuenca del río Panajachel 23.56, para la del río Quiscab 15.79 y para la subcuenca Azul 19.66.

La subcuenca priorizada fue la del río Panajachel, para la que se recomienda se elabore un plan de manejo de sus recursos naturales renovables, se actualice periódicamente el inventario de los mismos y se prioricen sus microcuencas.

1. INTRODUCCION

Los recursos naturales renovables en Guatemala han sufrido un deterioro acelerado, situación que ha provocado consecuencias extremas tales como: la pérdida de bosques, alteraciones edáficas, cambios en el régimen hidrológico y extinción de especies vegetales y animales.

A lo anterior hay que agregar la demanda de estos recursos por parte de la población, lo que obliga al conocimiento de los mismos en áreas específicas, con el objeto de ordenarlos para su uso sostenido y que sirvan como elementos de desarrollo de las comunidades.

La cuenca del lago de Atitlán representa un patrimonio no sólo nacional sino mundial, lo que amerita continuar con estudios para conocerla, establecer políticas para su conservación, sin descuidar el desarrollo de las comunidades que en ella se localicen, y, efectuar la jerarquización de áreas de desarrollo para aprovechar sus recursos a través de proyectos específicos.

Se da, en el presente documento, información relacionada con la ubicación del estudio y la metodología seguida, así como información complementaria de la cuenca del lago de Atitlán.

Con el objeto de efectuar la investigación de manera eficiente, se realizaron consultas sobre metodología para el estudio de cuencas que se han utilizado en investigaciones anteriores a nivel centro y suramericano.

Finalmente, cabe mencionar que, la metodología tomada como base fue la propuesta por el Ministerio de Agricultura del Perú (1), considerándose que evalúa en forma detallada los aspectos de suelo y agua, aspectos institucionales y presenta una adecuada cantidad de parámetros a evaluarse, sin embargo,

se le introdujo modificaciones en cuanto a algunos parámetros que se consideraron de importancia para la misma.

1.1 Definición del problema

En Guatemala, como en la mayoría de los países de latinoamérica, se evidencia una pobre planificación del uso de la tierra en sus cuencas hidrográficas, lo que unido a la pérdida irremediable de sus recursos naturales disminuye las opciones para una mejor calidad de vida de las presentes y futuras generaciones.

Esta pérdida contempla un franco deterioro y una clara subutilización de los recursos naturales renovables, como producto de un aprovechamiento desorganizado, sin atender aspectos técnicos y científicos.

La cuenca del lago de Atitlán manifiesta un deterioro imperceptible para el grueso de su población, pero que pone en peligro la sobrevivencia de sus habitantes a mediano plazo.

De manera similar al resto del país, en la cuenca del lago de Atitlán, la mayoría de pequeñas fincas se ubican en tierras inapropiadas para la producción agrícola o se ven seriamente limitadas para ello, esto, unido a una progresiva presión de la población sobre sus recursos naturales renovables, tiene como consecuencia una disminución de la cubierta boscosa y pérdida de la capa fértil del suelo.

Por lo anterior, se hace imperativo que se desarrollen procedimientos que permitan conocer las zonas problemáticas de la cuenca, de tal manera, que se faciliten los programas de manejo, se definan prioridades y formulen directrices de desarrollo en dichas zonas que promuevan el uso sostenido de los recursos naturales renovables con el menor impacto ambiental posible, in perder de vista que el hombre debe "dominar las leyes que rigen los fe

nómenos naturales para transformar, en su provecho, la geografía circundante pero, a la vez, tratando de conservar y desarrollar los elementos indispensables para la vida" (20).!

1.2 Justificación

La necesidad de definir áreas potencialmente recuperables bajo la perspectiva de mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la cuenca del lago de Atitlán y detener el deterioro de los recursos naturales renovables de la misma, a través de proyectos de desarrollo específicos, supeditados a un manejo integral de la cuenca del lago de Atitlán, ha motivado la evaluación de diez parámetros de índole biofísico, antropógeno, geomorfológico y socioeconómico.!

La cuenca del lago de Atitlán se seleccionó por considerar que es un patrimonio nacional, declarado parque nacional y por ser un centro de fuerte atracción turística.!

Por otra parte, el lago de Atitlán, es uno de los cuerpos de agua más grandes de Guatemala con riesgo de contaminarse si no se atienden situaciones de erosión, pérdida, subutilización y aprovechamiento sin control del bosque, así como, la extinción de nacimientos de agua y utilización de suelos no aptos para la agricultura.!

Por lo anteriormente citado, se consideró de suma necesidad presentar a las autoridades, grupos interesados y población en general, un estudio que sirva de base para desarrollar proyectos específicos no sólo de carácter conservacionista sino de desarrollo para las comunidades que viven en la cuenca del lago de Atitlán.!

2. OBJETIVOS

2.1 General

Priorizar las subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán para aprovechar sus recursos naturales renovables de forma sostenida y óptima que garantice el bienestar social y económico de sus habitantes.

2.2 Específicos

2.2.1 Recopilar e interpretar la información existente relacionada con la cuenca del lago de Atitlán.

2.2.2 Evaluar los siguientes parámetros en cada una de las subcuencas identificadas:

2.2.2. 1 Recurso humano

2.2.2. 2 Grado de erosión

2.2.2. 3 Receptividad del poblador rural

2.2.2. 4 Cobertura boscosa

2.2.2. 5 Accesibilidad y vias de comunicación

2.2.2. 6 Areas silvestres

2.2.2. 7 Disponibilidad del recurso hídrico

2.2.2. 8 Grado de contaminación

2.2.2. 9 Tamaño de la subcuenca

2.2.2.10 Turismo

2.2.3 Ordenar en forma ascendente según la priorización efectuada las subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 Recursos naturales renovables

Se considera recurso natural renovable a "todo aquel recurso físico que se encuentra en la naturaleza y que por su carácter intrínseco puede ser recobrado mediante procesos naturales o artificiales por el hombre atendiendo a su durabilidad" (4).

"Los recursos naturales renovables, de la misma manera que los recursos no renovables, pueden ser recursos económicos de uso actual o potencial. Son económicos de uso actual los que forman parte de la producción económica o están cubriendo las necesidades de la población o sociedad y los recursos de uso potencial cuando se descubren y se tienen como un inventario de reserva para su uso posterior, cuando se cuente con los medios para su aprovechamiento o se presente la necesidad de usarlos en un momento dado" (4).

3.2 Los recursos naturales renovables en el mundo

El presidente del consejo de calidad del ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica, hace proyecciones para el año 2,000 de resultados realmente preocupantes (15), relacionados con los recursos naturales renovables:

- "La escasez de leña en numerosos lugares del Tercer Mundo, empieza a ser crítica" (15).
- "La escasez del agua de muchas regiones se agravará. En casi la totalidad de las regiones del mundo, la explotación de nuevos suministros de agua será más costosa" (15).

- "Durante los próximos 20 años, seguirán produciéndose considerables - pérdidas de bosques del mundo, a medida que aumenta la demanda de productos forestales y madera para leña" (15).

- "Se producirá un grave deterioro de los suelos para cultivos ocasionados por la erosión, la pérdida de materias orgánicas, la desertificación, la salinización, la alcalinización y la saturación hídrica" (15).

Estas proyecciones, se dejan ver claramente que "las vías que se han intentado en el pasado o se están intentando, en la actualidad, no constituyen una solución real y no pasan de ser meros paliativos frente a la emergencia" (15).

El problema de sobre explotación de los recursos naturales tiene diferente naturaleza. Hay sobre explotación con fines de lucro y con objetivos de producción en gran escala, pero hay mayores zonas en que la sobre explotación, es el resultado de la necesidad de asegurar el mínimo esencial a la población" (15).

Puede concluirse que los recursos naturales renovables están sujetos a presiones crecientes que ponen en peligro las posibilidades de vida digna a millones de seres humanos y las tendencias futuras son críticas, lo que obliga a establecer nuevas estrategias para su recuperación en zonas afectadas y su conservación en aquellas que aún lo presentan.

"Estas presiones se concretan en hechos tales como el consumo de combustibles que van desde 0.5 a 2 metros cúbicos por habitantes por año, según se trate de climas templados o cálidos, sumándose, a ésta, la alta densidad de la población, el minifundio y la necesidad de alimentos" (15).

Por lo anterior, se considera válido mencionar la conclusión a que se -
llegó en la sección A, "situación del Ambiente" de la carta de Belgrado,
presentada en el Seminario Internacional de Educación Ambiental (Yugoes-
lavia 1975): "los recursos del mundo debieran desarrollarse de manera -
que beneficien a toda la humanidad y den la posibilidad de elevar la ca-
lidad de vida de todos" (7).

3.3 Los recursos naturales renovables en Guatemala

Guatemala es un país que presenta una riqueza incalculable por los re-
cursos naturales que posee: su variedad de suelos, vegetación, sus cuer-
pos de agua y diversidad de fauna. Sin embargo, al igual que muchos o-
tros países del mundo, ha venido sufriendo, con el correr del tiempo, la
lamentable pérdida de sus recursos naturales renovables. Es muy frecuen-
te ver a nuestro alrededor suelos seriamente erosionados, algunos irrecu-
perables y otros con alto costo de recuperación, inmensas áreas que por
diversos factores han sido severamente deforestadas, otras que hoy se es-
tan destruyendo e igual destino espera a las que sobreviven.

3.4 Cuenca hidrográfica

"Se considera a la cuenca hidrográfica como el territorio en que las a-
guas convergen hacia los puntos más bajos de la superficie del mismo y -
se unen en una corriente resultante o río principal que los evacúa hacia
un lago, mar u océano. Sus límites coinciden con la línea de cimas que
marca la divisoria de las aguas entre las vertientes, pero en algunos -
casos especiales, no coinciden forzosamente con la cuenca orográfica. -
Los límites no son inmutables y acusan oscilaciones que son el resultado

de las capturas fluviales de redes hidrográficas más activas"(5).

A la cuenca hidrográfica también se le considera como "una unidad fisiográfica que corresponde al área de acopio de un sistema de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites están claramente marcados y normalmente no corresponden con límites administrativos u otros límites" (6).

3.4.1 Clasificación de cuencas hidrográficas

La clasificación de cuencas en la geografía general según E. Richters (19), puede efectuarse de la siguiente manera:

3.4.1.1 Por su tamaño

Indicando determinado rango de área para cuencas, subcuencas y microcuencas.

3.4.1.2 Por su relación hidrográfica

Empezando con cuencas pequeñas determinadas por el inicio de flujos permanentes o iniciando con las microcuencas, de terminando toda el área drenada por medio de una salida al mar o a un lago terminal. Se puede nombrar la cuenca máxima como cuenca primaria con un canal de drenaje primario. Dentro de ella puede encontrarse cuencas secundarias, terciarias, etc.

3.5 Priorización de cuencas

Priorizar una subcuenca es buscar la subcuenca con el mejor potencial para la aplicación de ciertos subsistemas que permitan la realización de proyectos que generen un uso sostenido de los recursos naturales renova-

bles que posee, de tal manera, que se garantice el bienestar de sus habitantes.

Esto ha llevado a los técnicos a generar diversas metodologías, para la planificación del manejo de cuencas hidrográficas, de las cuales algunas han generado resultados exitosos y han mostrado ser prácticas y funcionales, siendo las limitaciones económicas y la escasez de personal capacitado, factores limitantes para que los países puedan planificar y manejar simultáneamente todas sus cuencas (8).

3.6 Metodologías aplicadas en el estudio de cuencas en Costa Rica, Nicaragua y Venezuela.

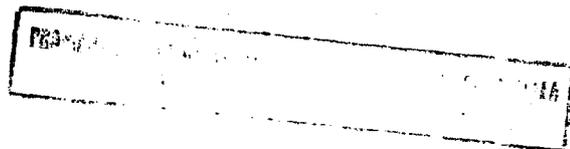
3.6.1 Olaya. CATIE, Costa Rica

La metodología propuesta por A. Olaya (16), utiliza 12 parámetros con sus componentes correspondientes, divididos en recursos e impactos.

Los recursos considerados son los siguientes: hidroelectricidad, agua superficial y subterránea, tierra de uso agropecuario, cobertura boscosa, red vial terrestre y minerales.

Entre los impactos considera: sobre uso del suelo, inundaciones, deterioro del ambiente asociado a la densidad de población, deterioro del ambiente asociado a la extracción de minerales, remoción en masa y sismicidad.

Esta metodología en gran medida cumple con el requisito de la producción sostenida, pues incluye tanto los recursos como los impactos posibles si se aprovechan los mismos. Está acorde con las prioridades para el país en que se aplicó, es de las pocas que conside-



ran aspectos de apoyo institucional, sin embargo, se considera com
pleja su aplicación y presenta pocos aspectos de índole socioeconó
mico (19).¹

3.6.2 Trujillo, MARNER. Venezuela

Propone esta metodología en la que considera parámetros biofísicos
socioeconómicos e impactos ambientales (20).¹

Entre los parámetros biofísicos tomó en cuenta hidrología y geo -
morfología. Entre los socioeconómicos demografía e infraestructu -
ra de servicios y entre los impactos ambientales tomó factores an -
tropogénos tales como sobre uso de la tierra, incendios, deforesta
ción y agricultura migratoria.¹

Esta metodología enfoca con mayor relevancia el recurso hídrico y
algunos impactos de origen antropógeno. "Se le puede atribuir co -
mo desventajas el no considerar aspectos institucionales o más es -
pecíficamente no toma en cuenta los planes de Desarrollo naciona -
les." Además, se utilizan muy pocos parámetros socioeconómicos y
su aplicación es más a nivel regional (19).¹

3.6.3 J. Faustino. CATIE. Costa Rica

En 1984 Faustino, J. propone una metodología en el que valora pa -
rámetros relacionados a características físicas y socioeconómicas,
tales parámetros son: áreas de cultivo, población rural, organiza -
ción de la población rural, modalidad de trabajo y receptividad de
tecnología (19).¹

Esta metodología presenta mayor carga en parámetros relacionados -

con el recurso humano, puede presentar un sesgo, pero es importante considerar este recurso como pivote para la evaluación de los demás recursos que puedan evaluarse con un objetivo determinado en la priorización de cuencas.¹

3.6.4 Gutiérrez. IRENE. Nicaragua

La metodología propuesta por C. Gutiérrez (14), contempla la evaluación de diferentes parámetros según la siguiente agrupación : biofísicos tales como la hidrología, clima, geología, geomorfología, suelos y tierra, uso y cobertura boscosa así como ubicación , entre los socioeconómicos contempla la evaluación de demografía - (densidad de población y migración) y dentro de los impactos ambientales parámetros tales como antropógenos (sobre uso de la tierra, deforestación y contaminación ambiental).¹

Se considera que en esta metodología "el enfoque es adecuado y su aplicación es sencilla. Como desventaja se pueden considerar los pocos aspectos socioeconómicos y la no consideración de impactos ambientales naturales, únicamente algunos de origen humano, no presenta la alternativa de clasificación a diferentes niveles" (19).¹

3.6.5 O. Pernalette. UNA MARNR. Venezuela

Propone una metodología que sobresale por que comparativamente, es la metodología que más parámetros considera (17). Entre ellos estan los biofísicos: morfometría, hidrología, clima, geomorfología, geología, suelos y tierra, uso y cobertura productiva de la cuenca, entre los socioeconómicos: demografía, aspectos culturales e infra

e infraestructura de servicios, entre los impactos ambientales: - antropógenos (incendios, deforestación, inundaciones) e institucionales: respaldo institucional y representación en el lugar.

3.6.6 A. González. CATIE. Costa Rica

La metodología propuesta por A. González (8) se caracteriza por ser una de las primeras metodologías que efectúa análisis de sensibilidad además de considerar, parámetros biofísicos (hidrología, - suelos y tierras, uso y cobertura boscosa y areas silvestres) excluir los parámetros socioeconómicos, tomar en cuenta impactos ambientales como inundaciones y deslizamientos, así como considerar entre los parámetros evaluados, los parámetros antropógenos, particularmente, el sobre uso de la tierra, inundaciones, deterioro por densidad de población y agricultura migratoria.

El nivel o alcance de las metodologías propuestas se enmarcan en la cuenca, a excepción de la propuesta por C. Gutiérrez (14), las demás abarcan la subcuenca y finalmente la propuesta por A. González (8) es la única metodología que tiene alcance a nivel de finca.

3.7 Cuenca del lago de Atitlán

Se caracteriza por ser una cuenca hidrográfica cerrada, cuyo punto más bajo es el lago de Atitlán. Se ubica en el altiplano occidental de Guatemala y parte de su área corresponde al departamento de Sololá.

3.7.1 Ubicación

La cuenca del lago de Atitlán se ubica en la vertiente del Pacífico dentro de la región fisiográfica denominada Tierras Altas Volcánicas (Figura 1).

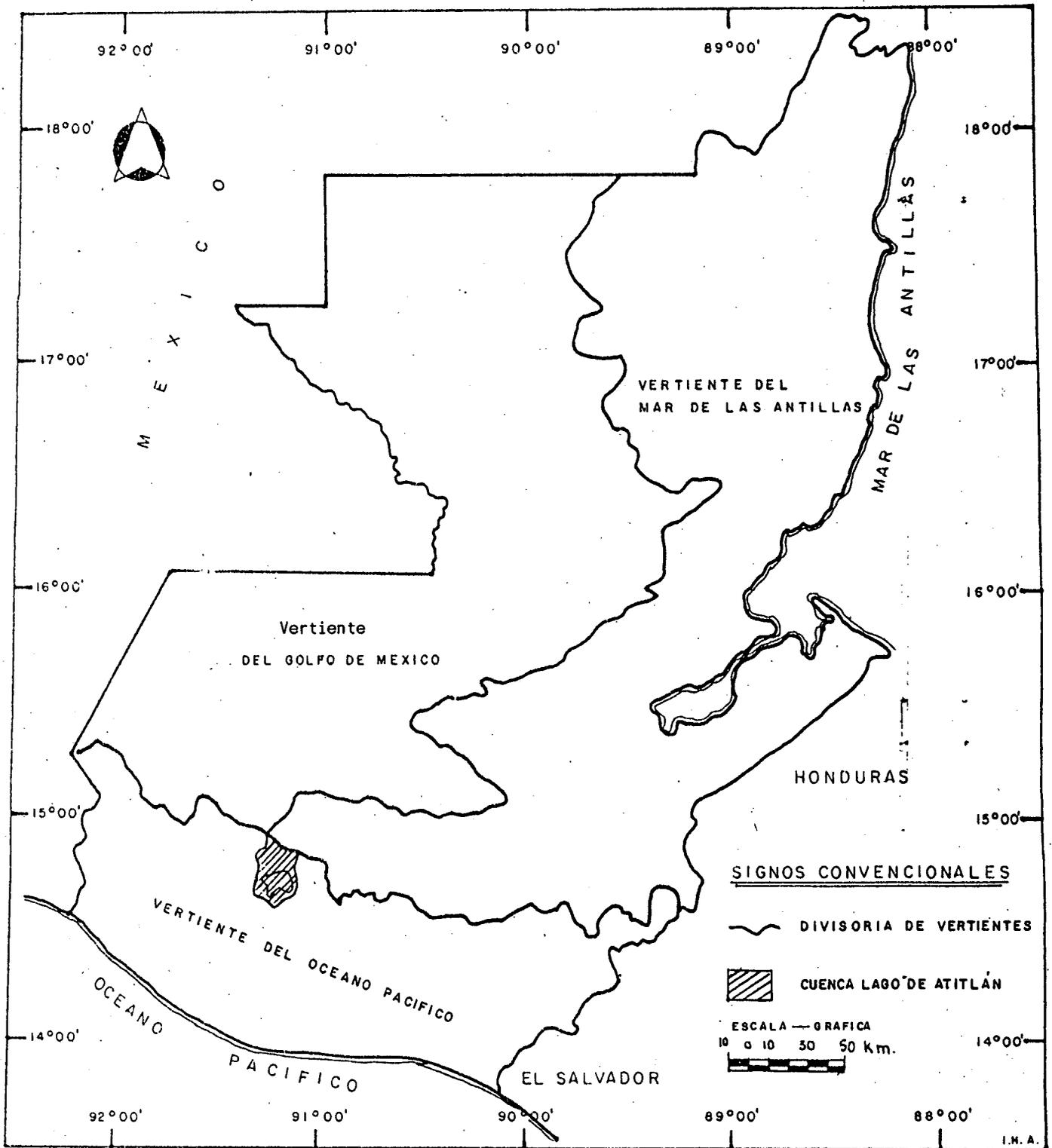


Figura 1. Localización de la cuenca del Lago de Atitlán dentro del sistema de vertientes de Guatemala.

Al Norte colinda con las partes altas de la cuenca del río Motagua; al Este con la del río Madre Vieja; al Oeste con el río Nahualate y al Sur con las cabeceras de las microcuencas de los ríos San José, Santa Teresa, Nicá y Mocá (Figura 2).

La parte central de la cuenca se localiza en las coordenadas geográficas $91^{\circ} 11' 00''$ de Latitud y $14^{\circ} 45' 12''$ de Longitud (Figura 3). La cuenca en general se puede localizar en las hojas cartográficas escala 1:50,000 denominadas Totonicapan, Chichicastenango, Santa Catarina Ixtaguacán, Sololá, Chicacao y San Lucas Tolimán.

3.7.2 Extensión

La cuenca del lago de Atitlán tiene una superficie de 540 Kms^2 y un perímetro de 118.5 Kms., una elevación mínima de 1,562 msnm, una elevación media de 2,205 msnm y una elevación máxima de 3,340 msnm (10).

3.7.3 Subcuencas componentes

Según el estudio efectuado, se determinaron tres subcuencas en la cuenca del lago de Atitlán, siendo éstas las formadas por los ríos Quiscab y Panajachel, localizadas al Norte y la subcuenca Azul que se localiza en la parte Sur de la cuenca (Figura 4).

3.7.3.1 Subcuenca río Quiscab

La subcuenca del río Quiscab tiene como corriente principal la del río Quiscab, de donde deriva su nombre. Este río se forma de la unión de los ríos Novillero y Zarbabal, corre al sureste, le afluyen los ríos Chuiscalera y Kibal-

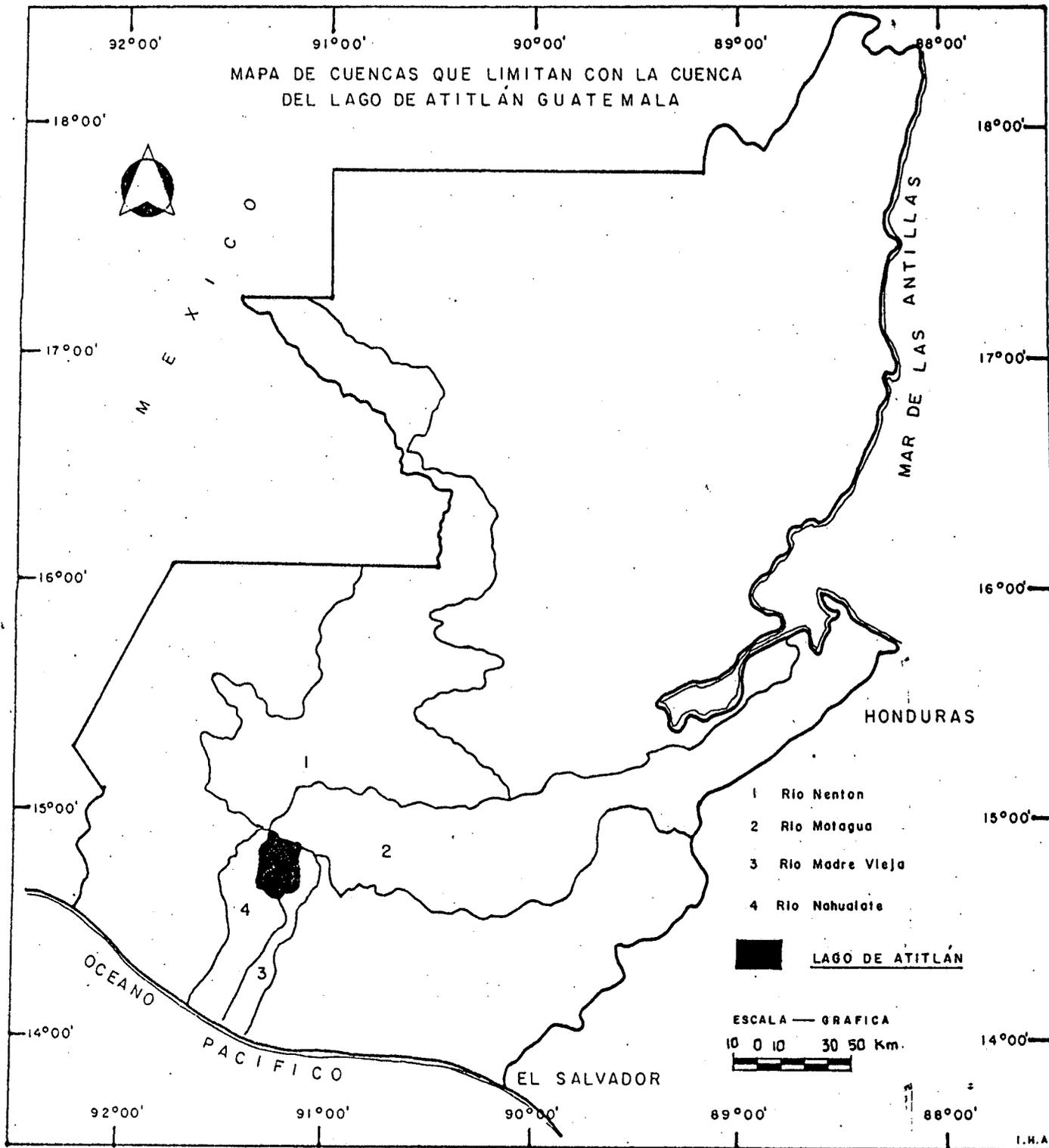


Figura 2. Mapa de cuencas que limitan con la cuenca del lago de Atitlán. Guatemala.

MAPA DE UBICACION DE LA CUENCA DEL
LAGO DE ATITLÁN GUATEMALA

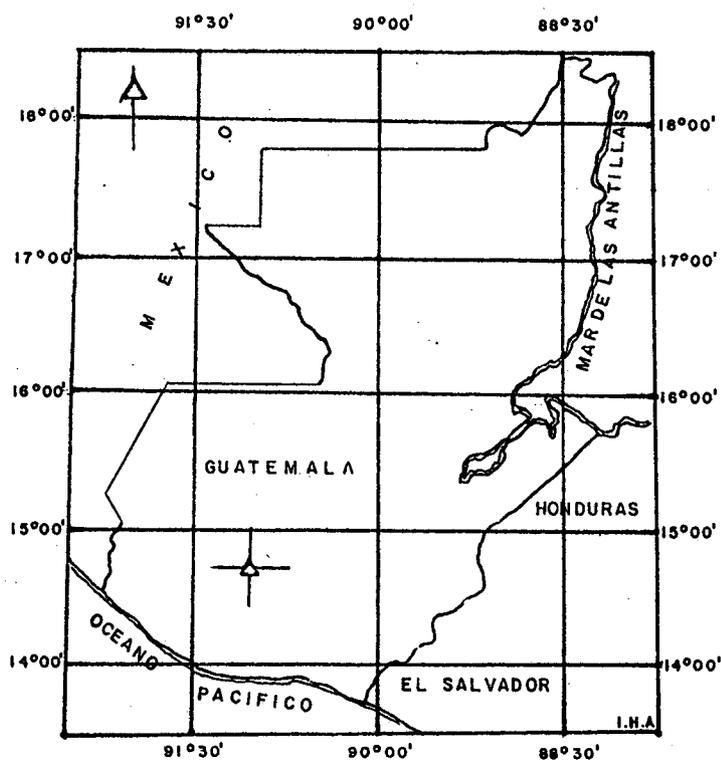


Figura 3. Mapa de ubicación de la cuenca del lago de Atitlán. Guatemala.

bay y descarga en el lago de Atitlán (3).¹

3.7.3.2 Subcuenca del río Panajachel

Esta subcuenca tiene como corriente principal la del río Panajachel, de donde deriva su nombre, el mismo, se origina en la confluencia de los ríos Quecheljyá y Pacubalya - con un curso de Norte a Sureste formando un delta al desembocar en el lago de Atitlán (3).¹

3.7.3.3 Subcuenca Azul

Esta subcuenca tiene como cuerpo de agua principal la del lago de Atitlán, se ha tomado como una unidad, a pesar que

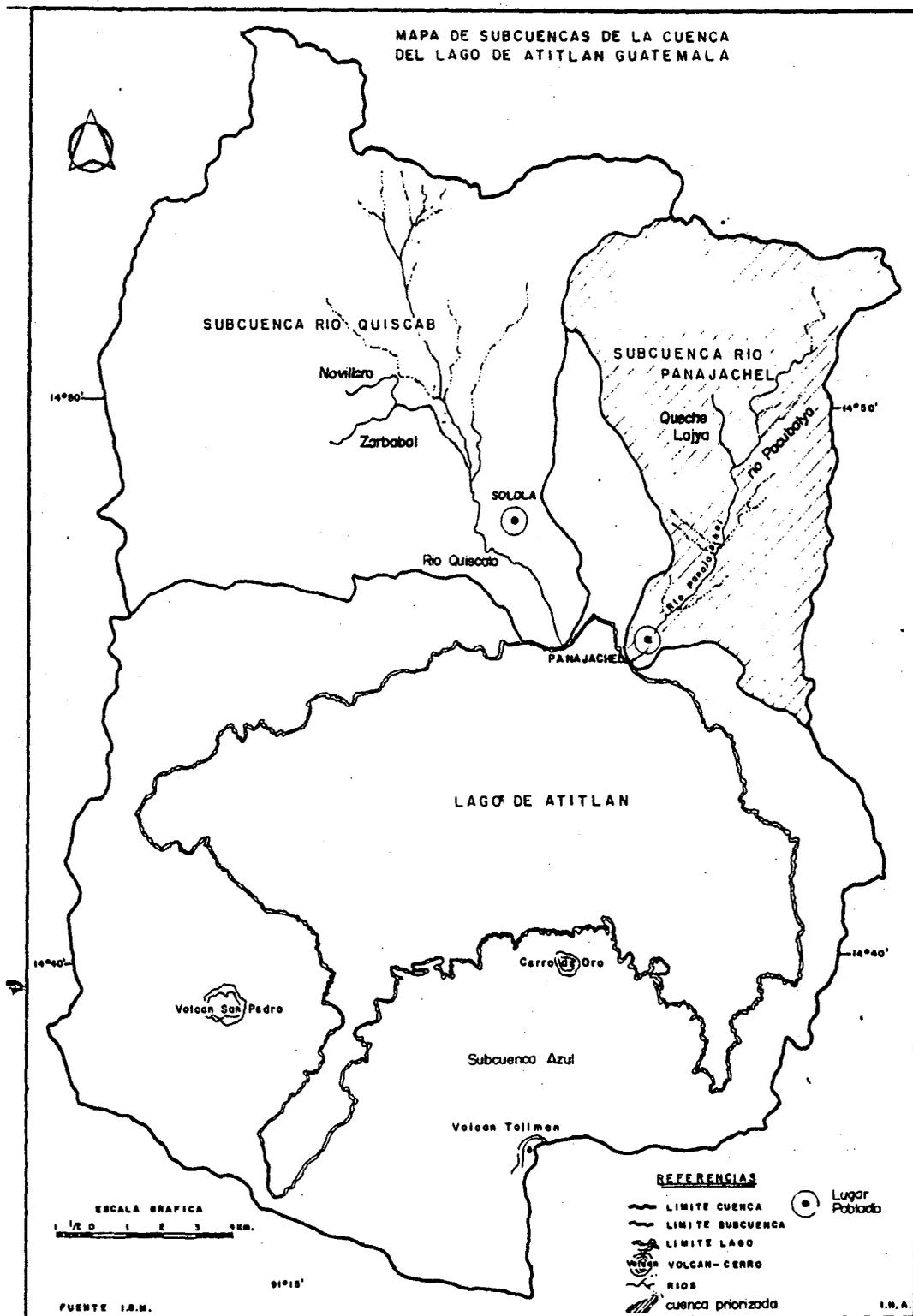


Figura 4. Mapa de subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán. Guatemala.

posee más de cien pequeños cauces de agua. La subcuenca Azul, se localiza en la parte Sur de la cuenca del lago de Atitlán y en ella se ubican varios de los conos volcánicos de la región.

4. METODOLOGIA

Consiste en la evaluación de diez parámetros de índole biofísico, antropógeno, geomorfológico y socioeconómico, de manera que al ser calificados desde el punto de vista de su potencialidad y dinámica actual se pueda definir y priorizar las subcuencas hidrográficas a las que se deban aplicar medidas adecuadas desde el punto de vista de un manejo integral de las mismas.

4.1 Parámetros a evaluarse

4.1.1 Recurso humano

4.1.2 Grado de erosión

4.1.3 Receptividad del poblador rural

4.1.4 Cobertura boscosa

4.1.5 Accesibilidad y vías de comunicación

4.1.6 Areas silvestres

4.1.7 Disponibilidad del recurso hídrico

4.1.8 Grado de contaminación de los recursos agua y suelo

4.1.9 Tamaño de la subcuenca

4.1.10 Turismo

Cada parámetro se evalúa con base a tres componentes: el Valor Absoluto (VAi), que evalúa el grado de importancia, el Valor Relativo (VRi) que evalúa cualitativa y cuantitativamente el grado de afectación del parámetro de la subcuenca y el coeficiente de ajuste (Cai) que relaciona el área de influencia del parámetro entre el área de la subcuenca.

Para obtener el puntaje total de cada subcuenca se usó la siguiente expresión:

$$V_{sc} = \sum_{i=1}^{i=10} V_{Ai} * V_{Ri} * C_{Ai}$$

En donde:

V_{sc} = puntaje total de la subcuenca

V_{Ai} = valor absoluto del parámetro i

V_{Ri} = valor relativo del parámetro i

C_{Ai} = coeficiente de ajuste del parámetro i .

El valor absoluto (V_{Ai}) es el puntaje asignado a cada parámetro según el grado de importancia considerado para un manejo integral de las subcuencas.

El valor relativo (V_{Ri}) es el puntaje asignado a la evaluación cualitativa y cuantitativa del parámetro, mediante una escala de valoración que oscila entre 2 y 10.

El coeficiente de ajuste (C_{Ai}) es el valor que se asigna a la mayor o menor área de influencia en la cuenca.

4.2 Procedimiento

Se delimitaron las subcuencas que conforman la cuenca del lago de Atitlán usándose para el efecto hojas cartográficas que cubren la cuenca.

Para la evaluación de las subcuencas, fue necesario contar con información básica sobre topografía, fisiografía, ecología, uso y tenencia de la tierra, censo poblacional y agropecuarios más recientes.

Como material complementario se usó el mapa ecológico nacional a escala 1:500,000 y equipo de gabinete, así mismo, se efectuaron visitas al cam

po para establecer condiciones físicas y geográficas de las subcuencas y finalmente, se aplicó la metodología y priorización de las subcuencas - que se detalla a continuación, por parámetro.¹

4.3 Descripción y aplicación de los parámetros

4.3.1 Parámetro 1: Recurso humano

Este parámetro se evaluó tomando como indicadores los índices de - población: el volúmen y la densidad para cada subcuenca.¹

El volúmen esta dado por el número de personas de cada una de las subcuenca tomando como base los datos de población del censo de - 1981.

La densidad la determina el número de personas por kilómetro cua - drado utilizándose los mismos datos para el cálculo de volúmen de población. La superficie de cada subcuenca se determinó utilizán - do la plantilla de puntos.¹

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

4.3.1.1 Valor absoluto

El valor absoluto se consideró igual a 1 por su grado de importancia en la priorización de subcuencas.¹

4.3.1.2 Valor relativo

Este se establece en el cuadro 1 utilizándose el siguiente procedimiento:

-Se ordena las subcuencas según orden decreciente de volú - menes. El número de orden será el índice para el volúmen de población de cada subcuenca.¹

- Se ordena las subcuencas según densidades decrecientes de población. El número de orden, será el índice para densidad de población de cada subcuenca.
- Se efectúa la sumatoria de los índices encontrados, tanto para volúmen como para densidad y se asigna el correspondiente valor relativo a cada subcuenca según los rangos de puntaje que aparecen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Valor relativo del parámetro recurso humano

Rangos de puntaje	Valor relativo
0 - 2	3.0
3 - 6	7.0
7 - 9	10.0

4.3.1.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste para cada subcuenca se obtiene dividiendo la sumatoria de los índices de volúmen y densidad de población entre el máximo puntaje que se puede obtener que es 9.

4.3.2 Parámetro 2: Grado de erosión

Este parámetro se evaluó tomando en cuenta los tipos de erosión y sus grados de afectación.

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

4.3.2.1 Valor absoluto

El valor absoluto se consideró igual a 0.9 por su grado de importancia en la priorización de las subcuencas con fines de un manejo integral de las mismas.

4.3.2.2 Valor relativo

El valor relativo se determinó en función a la evaluación de 5 grados de erosión determinados por tipos o condiciones del suelo afectados por erosión y que se identificaron según las clases agrológicas del suelo. A cada tipo de erosión se le ha asignado un valor de acuerdo al porcentaje de área afectada en la subcuenca, siendo la erosión moderada la que tiene mayor valor y se obtiene en el cuadro 2. Finalmente, la suma de los puntajes parciales correspondientes a los grados de erosión, determinan el valor relativo que se obtiene en el cuadro 3.

Cuadro 2. Puntaje según grado y extensión de la erosión en la subcuenca.

Tipo de erosión		Grado de erosión			
		Porcentaje de área afectada			
		0-25	26-50	51-75	76-100
No afectada	Libre	3	2	1	0
Deslizamiento	Crítica	5	12	22	32
Cárcavas	Severa	6	15	25	35
Laminar	Ligera	8	18	28	38
Surcos	Moderada	10	20	30	40

Cuadro 3. Valor relativo del parámetro grado de erosión

Rangos de puntaje	Valor relativo
5 - 19	2.5
20 - 34	5.0
35 - 47	7.5
48 - 62	10.0

4.3.2.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste resulta de la relación del puntaje obtenido en el cuadro 2 entre el máximo puntaje que se puede obtener que es 62.

4.3.3 Parámetro 3: Receptividad del poblador rural

En la priorización de subcuencas es importante y necesario tener en cuenta la aceptación del poblador rural para la aplicación de los planes de manejo y conservación de los recursos naturales, por que precisamente, son éstos los beneficiarios y si no se recibe la aceptación, interés y propósito de colaboración por parte de ellos no podran realizarse los proyectos o medidas que se propongan. En este sentido, este parámetro trata de evaluar el grado de receptividad que tengan los campesinos para los planes de un manejo integral de la subcuenca.

Los campesinos beneficiarios estan clasificados de acuerdo a la modalidad o tipo de tenencia de la tierra, es decir, en empresarial,



comunitaria e individual. Se asigna mayor puntaje a la tenencia empresarial, debido a que la receptividad en las empresas es generalmente mayor que otros tipos de tenencia porque son más susceptibles a cambios técnicos, incentivos de promoción, capacitaciones, etc. y que obviamente le permiten conocer las bondades de los planes propuestos. Si la tenencia de la tierra esta a cargo de la comunidad campesina, la receptividad por lo general es menor por la falta de conocimientos técnicos, promoción y la poca capacidad financiera. Sin embargo, esta receptividad puede aumentar si se le demuestra con ejemplos de proyectos en marcha o areas experimentales la eficiencia del manejo y conservación de suelos.

En la propiedad individual la receptividad se considera de menor importancia porque generalmente el beneficiario por el tamaño de su propiedad no demuestra interés. Los medianos propietarios son más susceptibles a recibir estos planes.

Para los fines de una programación de un manejo integral de la subcuenca, beneficiarios son todos aquellos campesinos individuales o agrupados organizadamente que son propietarios o conducen una actividad agropecuaria en un área de terreno y se clasifican de acuerdo al tipo de tenencia en:

-Reacios: estan considerados los beneficiarios que no muestran interés por cambios que signifiquen mejoras en su actividad agropecuaria y que pueden ofrecer resistencia a medidas tendientes a un manejo integral de la subcuenca.

-Medianamente receptivos: si tienen una actitud de duda a las medidas propuestas y la aceptan con suspicacia.

-Receptivos: se consideran así, a aquellos beneficiarios que aceptan las medidas o cambios que signifiquen mejoras en su actividad agropecuaria.

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

4.3.3.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado es de 0.8 según el orden de importancia con fines de un manejo integral de las subcuencas.

4.3.3.2 Valor relativo

El valor relativo resulta de la evaluación cuantitativa y cualitativa de la receptividad del poblador rural por las medidas de manejo integral, para lo cual se desarrolló el procedimiento siguiente:

-Se consultó al Instituto Nacional de Transformación Agraria (INTA) para determinar qué asentamientos agrarios se encuentran ubicados en cada subcuenca identificada y al Instituto Nacional de Cooperativas (INACOP) para identificar qué cooperativas agrícolas se localizan en las mismas subcuencas.

-Posteriormente se ubicó, tanto a las cooperativas como a los asentamientos agrarios en cada una de las subcuencas.

-Usando el cuadro 4, se determinó en forma general un pro-

medio de grado de receptividad por tipo de beneficiario - asignándose un puntaje a cada subcuenca.

-Con el puntaje alcanzado por cada tipo de beneficiario, - se obtiene un total con el cual se determina en el cuadro 5, el valor relativo para este parámetro por subcuenca.

Cuadro 4. Puntaje por grado de receptividad

Tipo de beneficiarios	Grado de receptividad		
	Reacios	Medianamente receptivos	Receptivos
Propiedad individual	0	3	6
Comunidades campesinas	1	4	7
Empresas asociativas	2	5	8

Cuadro 5. Valor relativo del parámetro receptividad del poblador rural

Rango de puntaje		Valor relativo
Baja	de 0 a 7 Ptos.	3.5
Media	de 8 a 14 "	7.0
Alta	de 15 a 21 Ptos.	10.0

4.3.3.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste resulta de la relación del puntaje

obtenido para cada subcuenca en el cuadro 4 entre el máximo puntaje que es 21.

4.3.4 Parámetro 4: Cobertura boscosa

Este parámetro se evaluó en función de la cubierta forestal de cada una de las subcuencas considerándose fundamentalmente el área reportada por el Instituto Geográfico Militar (I.G.M.).

Sus componentes se cuantifican de la manera siguiente:

4.3.4.1 Valor absoluto

El valor absoluto se considera igual a 0.7 por su grado de importancia en la priorización de subcuencas.

4.3.4.2 Valor relativo

El valor relativo se establece en el cuadro 6 utilizándose el procedimiento siguiente:

-Se determina el área de cubierta forestal para cada subcuenca encontrándose su equivalencia en porcentaje respecto al área total de la subcuenca.

-En el cuadro 6 se localiza el rango del puntaje en función del porcentaje previamente determinado y su correspondiente valor relativo para cada subcuenca.

4.3.4.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se obtiene de la razón cubierta forestal existente en la subcuenca y área total de la cuenca.

Cuadro 6. Valor relativo del parámetro cobertura
boscosa

Rangos de puntaje (%)	Valor relativo
0 - 25	4.0
26 - 50	6.0
51 - 75	8.0
76 - 100	10.0

4.3.5 Parámetro: Accesibilidad y vías de comunicación

Se ha considerado el análisis de este parámetro porque permite apreciar la disposición de la subcuenca para una comunicación vial entre los centros poblados y sectores donde se realiza alguna actividad económica, tomando como premisa que la existencia de una eficiente red vial con buen estado de conservación es condición previa para promover un desarrollo rural armónico.

Para la evaluación de este parámetro se han clasificado los caminos en cuatro clases:

- Troncal o principal. Es una vía terrestre transitable que une ciudades importantes cruzando cuencas y subcuencas, generalmente es la más transitada.
- Secundario. Es una vía terrestre transitable que une la vía troncal o principal con poblaciones menos importantes del área rural.
- Terciario. Esta vía transitable es usada para unir pueblos, caseríos o predios dentro del área rural. También se le denomina caminos de trocha.

-Caminos de herradura. Es una vía terrestre usada solamente para el paso de peatones y animales. Dentro de esta clasificación también se considera al sendero.

El Estado de conservación y mantenimiento de estos caminos se clasifican en bueno, regular y malo. A continuación se describen:

-Bueno. A los caminos asfaltados, afirmados y de trocha que tienen un mantenimiento permanente.

-Regular. Caminos asfaltados, afirmados de trocha cuyo mantenimiento no es permanente.

-Malo. Caminos que no reciben ningún tipo de mantenimiento.

Sus componentes se cuantifican de la manera siguiente:

4.3.5.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado es de 0.6 según su grado de importancia.

4.3.5.2 Valor relativo

El valor relativo resulta de la evaluación cualitativa y cuantitativa de la accesibilidad de la subcuenca con fines de un manejo integral. El procedimiento para determinarlo es el siguiente:

-Se ubica las subcuencas en el mapa respectivo, procediéndose a identificar los caminos de acuerdo a las cuatro clases descritas anteriormente.

-Según el cuadro 7 y teniendo en cuenta la descripción del sistema vial en cada subcuenca, se determina el estado de

conservación y mantenimiento de los caminos asignándoles el puntaje respectivo.

-Con este puntaje se determina, en el cuadro 8, el valor relativo del parámetro para cada subcuenca.

Cuadro 7. Puntaje de acuerdo al grado de conservación de los caminos.

Tipo de camino	Estado de conservación		
	malo	regular	bueno
Principal	4	8	12
Secundario	3	7	11
Terciario	2	6	10
Camino de herradura	1	5	9

Cuadro 8. Valor relativo del parámetro accesibilidad y vías de comunicación

Rangos del puntaje	Valor relativo
1 - 14	3.5
15 - 28	7.0
29 - 42	10.0

4.3.5.3 Coeficiente de ajuste

Este se obtiene de la relación del puntaje obtenido en el cuadro 7 y el máximo puntaje que es 42.

4.3.6 Parámetro: Recurso areas silvestres

Este parámetro evalúa los proyectos de areas silvestres o areas de reserva que se localicen en cada subcuenca ya sea se encuentren en ejecución, ejecutados o en estudio.

Sus componentes se cuantifican de la siguiente manera:

4.3.6.1 Valor absoluto

El valor absoluto según su grado de importancia en la priorización de las subcuencas, se considera igual a 0.5.

4.3.6.2 Valor relativo

El valor relativo resulta de la evaluación de la situación de los proyectos considerados en la subcuenca así:

-Se identifican los diferentes proyectos según el nivel en que se encuentren.

-Identificados y ubicados los proyectos se les asigna el puntaje correspondiente según el cuadro 9.

-Con el puntaje obtenido se determina en el cuadro 10 el valor relativo de acuerdo al rango de puntaje.

Cuadro 9. Puntaje según situación de los proyectos

Proyecto	situación		
	en estudio	ejecución	ejecutado
reserva forestal	4	8	12
reserva silvestre	3	7	11

4.3.6.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se obtiene dividiendo el puntaje obtenido por cada subcuenca entre el máximo puntaje del parámetro que es 45.

Cuadro 10. Valor relativo del parámetro
areas silvestres

Rango de puntaje	Valor relativo
1 - 14	3
15 - 30	7
31 - 45	10

4.3.7 Parámetro 7: Disponibilidad del recurso hídrico

Este parámetro evalúa la mayor o menor disponibilidad del recurso hídrico para satisfacer necesidades de la población en cuanto a uso agrícola, energético u otros.

De acuerdo al mayor o menor grado de satisfacción de estas necesidades se ha elaborado el cuadro 11 que asigna un puntaje para cada situación.

Los grados de satisfacción estan en relación a la satisfacción de la demanda que puede ser abundante cuando hay excedentes luego de satisfacer la demanda, bueno cuando satisface la demanda sin que exista excedente y limitado si satisface las demandas con ciertas limitaciones o en forma parcial, será escaso cuando no llega a satisfacer las demandas.

Para el uso agrícola y pecuario se tomó en cuenta fundamentalmente, la existencia del recurso agua en cada subcuenca sin importar la fuente.

Sus componentes se cuantificaron de la manera siguiente:

4.3.7.1 Valor absoluto

El valor absoluto se ha considerado como 0.4 en razón de su importancia para fines de un manejo integral de las subcuencas.

4.3.7.2 Valor relativo

El valor relativo se obtuvo de la evaluación del grado de satisfacción de la demanda para diferentes usos, asignándo le el puntaje respectivo según el cuadro 11.

Si se determinasen varios usos el puntaje final se calcula sumando los valores obtenidos por cada tipo de uso, luego multiplicándo por el valor máximo que es 40 y dividiéndolo entre la sumatoria de los valores máximos, es decir, 180. Posteriormente se obtiene el puntaje del valor relativo en el cuadro 12.

4.3.7.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste resulta dividiendo el puntaje total obtenido entre el máximo puntaje que es 40.

Cuadro 11. Puntaje de acuerdo al grado de satisfacción de la demanda

Tipo de uso	Grado de satisfacción			
	abundante	bueno	limitado	escaso
Poblacional	10	20	30	40
Agrícola	8	18	28	38
Pecuario	6	16	26	36
Energético	4	14	24	34
Otros	2	12	22	32
Sumatoria de todos los valores máximos				180

Cuadro 12. Valor relativo del parámetro disponibilidad del recurso hídrico

Rangos del puntaje		Valor relativo
Abundante	2 - 10	2.5
Bueno	12 - 20	5.0
Limitado	22 - 30	7.5
Escaso	32 - 40	10.0

4.3.8 Parámetro 8: Grado de contaminación de los recursos agua y suelo

Para la evaluación de este parámetro se fijó previamente el agente contaminante que limita el uso de los recursos agua y suelo, considerándose fundamentalmente a los centros poblados como el principal elemento que origina la contaminación de las aguas y que afecta el suelo.

Definiéndose como el agente contaminante a los desagües y el grado de contaminación está en función del tamaño de la población.

Estas consideraciones pueden ser modificadas si existieran plantas de tratamiento para desagües y relaves.

Sus componentes se cuantifican de la manera siguiente:

4.3.8.1 Valor absoluto

El valor absoluto se consideró en 0.3 por su grado de importancia en la priorización de subcuencas.

4.3.8.2 Valor relativo

El valor relativo resultó de la evaluación de los elementos contaminantes en cada subcuenca así:

-Se identifican los centros poblados asentados en cada subcuenca y el número de habitantes de cada uno.

-En el cuadro 13 se determina el puntaje total y en el cuadro 14 el valor relativo del parámetro.

4.3.8.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se obtiene dividiendo el puntaje obtenido entre el máximo puntaje que es 24.

Cuadro 13. Puntaje según el grado de contaminación de los centros poblados

Grado de contaminación	Puntaje población mínima	
Alta	más de 100,000	3
Media	entre 20,000 y 100,000	6
Baja	menor de 20,000	9

Cuadro 14. Valor relativo del parámetro grado de contaminación de los recursos agua y suelo

Rangos de puntaje	Valor relativo
3 - 9	3.5
10 - 16	7.0
17 - 24	10.0

4.3.9 Parámetro 9: Tamaño de la subcuenca

Este parámetro se evaluó tomando como indicador el área de cada subcuenca y su relación en porcentaje respecto al área total de la cuenca.

Sus componentes se cuantifican de la manera siguiente:

4.3.9.1 Valor absoluto

El valor absoluto de este parámetro se considera igual a 0.2.

4.3.9.2 Valor relativo

El valor relativo se obtiene de la siguiente manera:

-Se cuantifica el área de cada subcuenca y se encuentra su porcentaje en relación con el área total de la cuenca.

-En el cuadro 15 se localiza el porcentaje encontrado en el rango respectivo y su correspondiente valor relativo.

Cuadro 15. Valor relativo del parámetro
tamaño de la subcuenca

Rangos de puntaje (%)	Valor relativo
0 - 25	4.0
26 - 50	6.0
51 - 75	8.0
76 - 100	10.0

4.3.9.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se obtiene de la razón área de la subcuenca entre el área total de la cuenca.

4.3.10 Parámetro 10: Recurso turismo

Este parámetro evalúa la afluencia de turismo en cada una de las subcuencas tomando como indicadores la capacidad instalada para alojarlos (número de hoteles y número de habitaciones).

Sus componentes se cuantifican de la manera siguiente:

4.3.10.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado es de 0.1 por su importancia para el manejo de la subcuenca.¹

4.3.10.2 Valor relativo

El valor relativo se determina de la siguiente forma:

-Se determina el número de habitaciones por subcuenca y se ordenan las mismas en forma decreciente. El número de orden será el índice para el número de habitaciones por subcuenca.¹

-Se determina el número de hoteles por subcuenca y se ordenan las mismas de manera decreciente. El número de orden será el índice para el número de hoteles por subcuenca.¹

-Se efectúa la sumatoria de índices encontrados y se asigna el correspondiente valor relativo, a cada subcuenca según los rangos de puntaje que aparecen en el cuadro 16.¹

Cuadro 16.¹ Valor relativo del parámetro turismo

Rangos de puntaje	valor relativo
0 - 3	3.0
4 - 6	7.0
7 - 10	10.0

4.3.10.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste para este parámetro, se obtiene del promedio de las relaciones: número de hoteles por subcuenca/número de hoteles de la cuenca y finalmente número de habitaciones subcuenca/número de habitaciones de hoteles de la cuenca.

4.3.11 Resúmen

Un resúmen de los parámetros utilizados para la priorización de las subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán así como el de sus correspondientes valores absoluto y relativo, se presentan en el cuadro 17. Esto, permite que se tenga una visión general no sólo de los parámetros evaluados, sino que, además de sus correspondientes valores absoluto y relativo.

Cuadro 17. Resumen de los parámetros utilizados para priorizar las subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán y sus correspondientes valores absoluto y relativo.

Parámetro	Valores		Parámetro	Valores	
	Absoluto	Relativo		Absoluto	Relativo
Recurso humano	1.0	3.0 7.0 10.0	Areas silvestres	0.5	3.0 7.0 10.0
Grado de erosión	0.9	2.5 5.0 7.5	Disponibilidad del recurso hídrico	0.4	2.5 5.0 7.5 10.0
Receptividad del poblador rural	0.8	3.5 7.0 10.0	Grado de contaminación de los recursos agua y suelo	0.3	3.5 7.0 10.0
Cobertura boscosa	0.7	4.0 6.0 8.0 10.0	Tamaño de la subcuenca	0.2	4.0 6.0 8.0 10.0
Accesibilidad y vias de comunicación	0.6	3.5 7.0 10.0	Turismo	0.1	3.0 7.0 10.0

FUENTE: Metodología para priorización de cuencas, subcuencas y microcuencas en conservación de suelos y aguas. Ministerio de Agricultura del Perú, modificada por Edin Emilio Montúfar Echeverría.

5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en orden correspondiente a cada uno de los parámetros evaluados. Para los parámetros recurso humano, en lo que respecta a los índices para número de habitantes y densidades por subcuenca, tamaño de la subcuenca, en lo que respecta a porcentaje de áreas por subcuenca y turismo en lo que respecta a número de hoteles y habitaciones así como sus respectivos índices, los cuadros con los correspondientes resultados, aparecen en la parte en que se realizó la evaluación de los parámetros de la subcuenca del río Quiscab.

5.1 Subcuenca río Quiscab

5.1.1 Recurso humano

El volumen de población para esta subcuenca, se estimó en 26,500 habitantes según los centros poblados localizados en la misma y que se presentan en el cuadro 18.

La densidad de población se calculó dividiendo el volumen de población entre el área estimada de la subcuenca que es de 148 Km².

$$D = 26,500/148$$

$$D = 179 \text{ habitantes/Km}^2$$

En donde D = a densidad de población

Sus componentes se cuantificaron de la manera siguiente:

5.1.1.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro es igual a 1 por considerarlo básico en la priorización de subcuencas.

Cuadro 18. Volúmenes de población por centro
poblado de la subcuenca del río
Quiscab

Nombre de la población	Número de habitantes
Sololá	6,286
Argueta	1,121
Chuiquel	707
Chuaxic	726
El Tablón	4,445
Los Encuentros	364
San Juan de Argueta	46
Xaquijya	1,443
Xocom	166
Chuicruz	178
Santa Lucía Utatlán	989
Chichimuch	780
Chuchexic	489
Chuijumil	80
Novillero	723
Pahaj	1,516
Pachocom	64
Parracaná	186
Tzantinamit	157
Xetzampual	809
Fca. Molino Sn. Pedro	342
San José Chacayá	114
Chuichimuch	101
Chuiscalera	11
Los Tablones	112
Las Minas	32
Pacacay	92
María Linda	2
El Jaibal	72
Ventana Abaj	165
La Mesita	57
Santa Rita	130
Chaquijchoy	63
Sacalá	204
Paraxaj	88
Barreneché	1,935
La Esperanza	1,071
La Concordia	634

Fuente: Dirección General de Estadística
1984. Censos Nacionales IV de ha-
bitación-IX población 1981.

5.1.1.2 Valor relativo

El valor relativo se determinó encontrándose el índice de volúmen (cuadro 19) que es 2 y el de densidad que es 1 (cuadro 20). Se efectuó la sumatoria de los mismos obteniendo un resultado igual a 3.

Este resultado permitió determinar el rango de puntaje que nos fijó un valor relativo igual a 7.0 (cuadro 1).

Cuadro 19. Índice para número de habitantes por subcuenca

Índice	subcuenca	volumenes (No. Hab.)
1	Azul	41,633
2	Quiscab	26,500
3	Panajachel	11,350

FUENTE: Elaboración propia con datos del IX censo de población 1981. Instituto Nacional de Estadística.

Cuadro 20. Índice para densidades de población por subcuenca

Índice	subcuenca	densidad (Hab/Km ²)
1	Quiscab	179
2	Panajachel	171
3	Azul	128

FUENTE: Elaboración propia con datos del IX censo de población 1981. Instituto Nacional de Estadística.

5.1.1.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste, se calculó dividiendo la sumatoria de los índices de volumen y densidad de población, entre el máximo puntaje del parámetro que se puede alcanzar, obteniendo como resultado un coeficiente de ajuste igual a 0.5.

$$Ca = 3/6$$

$$Ca = 0.5$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.1.2 Grado de erosión

En la subcuenca del río Quiscab, se determinaron tres grados de erosión obteniéndose su correspondiente porcentaje de área según se muestra en el cuadro 21.

Cuadro 21. Porcentaje de área afectada por tipo y grado de erosión

Grado de erosión	Tipo de erosión	Area (Km ²)	% área afectada
Ligera	laminar	10.563	7
Moderada	surcos	69.686	47
Severa	cárcavas	67.751	46

FUENTE: elaboración propia. 1989.

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.1.2.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro según su orden de importancia en la priorización de subcuencas es de 0.9.

5.1.2.2 Valor relativo

Con el porcentaje de área afectada por tipo y grado de erosión (cuadro 2), se estableció el puntaje según el grado y extensión de la erosión de la manera siguiente:

- erosión severa 15 puntos
 - erosión laminar 8 puntos
 - erosión moderada 20 puntos
- total . . 43 puntos,

este puntaje permitió fijar según el rango del puntaje - respectivo, en 7.5 el valor relativo para este parámetro (cuadro 3).

5.1.2.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se calculó dividiendo el puntaje total obtenido según el grado y extensión de la erosión - entre el máximo puntaje que se puede alcanzar, arrojando el siguiente resultado:

$$Ca = 43/62$$

$$Ca = 0.694$$

en donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.1.3 Receptividad del poblador rural

En la subcuenca del río Quiscab se detectaron organizaciones tan to de empresas asociativas como de comunidades campesinas y de pro piedad individual, según se muestra en el cuadro 22.

Cuadro 22. Beneficiarios según tipo de tenencia
de la tierra

Tipo de propiedad	Número de organizaciones y/o propietarios
Cooperativa agropecuaria	1
Asentamiento agrario	1
Individual	215

FUENTE: Elaboración propia con información del Instituto Nacional de Transformación Agraria.
INTA.

Sus componentes se cuantificaron de la manera siguiente:

5.1.3.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado según su orden de importancia en la priorización de subcuencas es de 0.8.

5.1.3.2 Valor relativo

Con los datos presentados en el cuadro 22, se procedió a determinar los puntajes según el grado de receptividad (cuadro 4) quedando de la siguiente manera: propiedad individual 0 puntos, comunidades campesinas 4 puntos y empresas asociativas 8 puntos haciendo un total de 12 puntos. Este puntaje permitió fijar, según el rango del puntaje, en 7.0 el valor relativo para este parámetro (cuadro 5).

5.1.3.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se calculó dividiendo el puntaje

total obtenido (12 puntos), entre el máximo puntaje que se puede alcanzar arrojando el siguiente resultado:

$$Ca = 12/21$$

$$Ca = 0.571$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.1.4 Cubierta boscosa

Este parámetro evaluó, tomando como base el mapa de uso de la tierra elaborado por el Instituto Geográfico Militar (1988) en el estudio que realizó de la cuenca del lago de Atitlán.

Para la subcuenca del río Quiscab se cuantificó un área de 88 Kms² de cubierta boscosa que representa un 59 % del área total de la misma.

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.1.4.1 Valor absoluto

El valor absoluto se considera igual a 0.7 por su grado de importancia en la priorización de subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán.

5.1.4.2 Valor relativo

Tomando en cuenta que el área boscosa de la subcuenca del río Quiscab cubre un 59% del área total de la misma se determinó, en el cuadro 6, el rango de puntaje respectivo - obteniéndose un valor relativo igual a 8.0.

5.1.4.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se calculó dividiendo el área bos

cosa cuantificada entre el área total de la subcuenca lo que nos dió como resultado un coeficiente de ajuste (Ca) - igual a 0.16.

$$Ca = 88/540Kms^2$$

$$Ca = 0.16$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.1.5 Accesibilidad y vías de comunicación

Los caminos identificados en esta subcuenca se detallan en el cuadro 23, señalando la clase, lugar de origen y lugar de destino, así como su estado de conservación.

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.1.5.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado según su orden de importancia - en la priorización de subcuencas es de 0.6.

5.1.5.2 Valor relativo

De acuerdo con el estado de conservación de los caminos se asignó el siguiente puntaje a cada clase de camino:

- principal o troncal 12 puntos
- secundario 3 puntos
- terciario 6 puntos
- herradura 1 punto

total 22 puntos,

este resultado permitió fijar, según los rangos de puntaje (cuadro 8), en 7.0 el valor relativo para este parámetro.



5.1.5.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se calculó dividiendo el puntaje total obtenido según el grado de conservación y clase de camino entre el máximo puntaje que se puede alcanzar, arrojando el siguiente resultado:

$$Ca = 22/42$$

$$Ca = 0.524$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

Cuadro 23. Estado de conservación y clase de camino

Clase de camino	lugar de origen	lugar de destino	Conser- vación
Troncal	Carretera Interamericana		bueno
Secundario	CA-1	Sololá	regular
Secundario	CA-1	Argueta	malo
Secundario	CA-1	Parracaná	malo
Secundario	CA-1	Nahualá	malo
Secundario	CA-1	Sta Lucía U.	regular
Terciario	Sta. Lucía U.	Sn. José Chacaya	regular
Terciario	Sn. José Chacaya	Sololá	regular
Terciario	Sta. Lucía U.	Sta. Clara la L.	regular
Herradura	Diferentes aldeas		malo

FUENTE: elaboración propia. 1989.

5.1.6 Areas silvestres y reserva forestal

En la subcuenca del río Quiscab, no se han elaborado estudios, ni se están ejecutando, así como, tampoco se han ejecutado proyectos

relacionados o que involucren los componentes de reserva forestal o áreas silvestres, por lo que únicamente se asigna el valor absoluto a este parámetro, que por su grado de importancia en la priorización de subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán, es de 0.5.!

5.1.7 Disponibilidad del recurso hídrico

En la subcuenca del río Quiscab se identificaron 5,463 hogares de los cuales 1,556 cuentan con servicio de agua, existiendo un déficit de hogares sin servicio igual a 3,907 (11), por lo que se consideró al recurso hídrico, en el sector poblacional como escaso, en tanto que en el sector agrícola, se consideró como limitado, puesto que a pesar de existir proyectos de miniriego, se satisface la demanda con limitaciones. Estas observaciones permitieron asignar un puntaje al tipo de uso del recurso hídrico en función del grado de satisfacción de la demanda, como a continuación se detalla:

- poblacional	40 puntos
- agrícola	28 puntos
total	60 puntos

Sus componentes se cuantificaron de la manera siguiente:

5.1.7.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado según su orden de importancia en la priorización de subcuencas, es de 0.4.!

5.1.7.2 Valor relativo

Una vez obtenido el resultado según el grado de satisfac-

ción de la demanda (68 puntos), éste se multiplicó por 40, que es el valor máximo y luego se dividió entre la sumatoria de los valores máximos que es 180. El puntaje obtenido (15 puntos) permitió fijar, según el rango de puntaje, en 5.0 el valor relativo para este parámetro (cuadro 11).'

5.1.7.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se obtuvo dividiendo 15, que es el puntaje total obtenido de acuerdo al grado de satisfacción de la demanda entre el máximo puntaje que se puede obtener (cuadro 12) arrojando el siguiente resultado:

$$Ca = 15/40$$

Ca = 0.375 en donde Ca = coeficiente de ajuste.'

5.1.8 Grado de contaminación de los recursos agua y suelo

Para la subcuenca del río Quiscab se determinó que existe un total de 41 centros poblados con un total de 30,786 habitantes (11). Este dato nos permite establecer que el grado de contaminación que existe en la subcuenca es de grado medio.'

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.1.8.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro según su orden de importancia en la priorización de subcuencas es de 0.3.'

5.1.8.2 Valor relativo

Una vez identificados los centros poblados (cuadro 18) y determinado el número de sus habitantes, se determinó el

puntaje correspondiente en el cuadro 13, siendo éste, de seis puntos.

Este puntaje permitió fijar, según el rango de puntaje, en 3.5 el valor relativo (cuadro 14).¹

5.1.8.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se calculó dividiendo el puntaje obtenido (6 puntos), según el grado de contaminación por centros poblados, entre el máximo puntaje que se puede alcanzar arrojando el resultado siguiente:

$$Ca = 6/24$$

$$Ca = 0.25$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.1.9 Tamaño de la subcuenca

El área de la subcuenca del río Quiscab es igual a 148 Kms².¹

Sus componentes se cuantificaron de la manera siguiente:

5.1.9.1 Valor absoluto

El valor absoluto para este parámetro, por su grado de importancia en la priorización de subcuencas se considera igual a 0.2.

5.1.9.2 Valor relativo

El cuadro 24 muestra las áreas y su respectivo porcentaje lo que permitió determinar el valor relativo correspondiente de la subcuenca. En este mismo cuadro puede observarse el porcentaje por área, que para la subcuenca del río Quis

cab, es igual a 27% lo que la ubica en un rango de puntaje entre 26 y 50 (cuadro 15) obteniéndose un valor relativo igual a 6.0.

Cuadro 24. Porcentaje de areas por subcuenca

Subcuenca	área (Kms ²)	%
Quiscab	148	27.4
Panajachel	66	12.2
Azul	326	60.4

FUENTE: elaboración propia. 1989.

5.1.9.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste es 0.27, que se obtuvo dividiendo el área de la subcuenca entre el área total de la cuenca que es igual a 540 Kms².

$$Ca = 148/540$$

$$Ca = 0.27$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.1.10 Turismo

En la subcuenca del río Quiscab se localizaron tres hoteles, todos en la cabecera municipal de Sololá (cuadro 25) sumando un total de veinticinco habitaciones.

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.1.10.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro es de 0.1

por su grado de importancia para la priorización de subcuencas.

5.1.10.2 Valor relativo

El valor relativo para esta subcuenca corresponde a 7.0 (cuadro 16). Para determinarlo se definieron los índices de hoteles y habitaciones (cuadros 26 y 27), se sumaron y se fijó el rango de puntaje que correspondió al que va de 4 a 6.

Cuadro 25. Número de hoteles y habitaciones por lugar poblado y subcuenca

Subcuenca	lugar	hoteles	total	habitaciones	total
Quiscab	Sololá	3	3	25	25
Panajachel	San Andrés S.	1		5	
	Panajachel	40	41	639	644
Azul	Sta. Catarina	3		41	
	Sn. Pedro la				
	Laguna	2		12	
	Santiago A.	2	7	31	84
Totales			51		753

FUENTE: Instituto Guatemalteco de Turismo -INGUAT- 1985.

5.1.10.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste para este parámetro es igual a 0.04, obtenido como resultado de la operación de la ecuación siguiente:

$$Ca = \frac{Nhs / Nhc + Nas / Nac}{2}$$

En donde:

Nhs = número de hoteles por subcuenca

Nas = número de habitaciones por subcuenca

Nhc = número de hoteles de la cuenca

Nac = número de habitaciones de la cuenca

Ca = coeficiente de ajuste

$$Ca = \frac{3/51 + 25/753}{2}$$

$$Ca = \frac{0.06 + 0.03}{2}$$

$$Ca = 0.09/2 \quad ; \quad Ca = 0.45$$

Cuadro 26 Índice de habitaciones por subcuenca

Índice	Subcuenca	No. de habitaciones
1	Panajachel	644
2	Azul	84
3	Quiscab	25

FUENTE: Instituto Guatemalteco de Turismo. 1985.

Cuadro 27. Índice de hoteles por subcuenca

Índice	subcuenca	No. de hoteles
1	Panajachel	41
2	Azul	7
3	Quiscab	3

FUENTE: Instituto Guatemalteco de Turismo.
1985.

5.1.11 Resumen

Para los diez parámetros se encontraron sus respectivos valores absoluto (VA), relativo (VR) y correspondiente coeficiente de ajuste (Ca), los mismos se presentan en el cuadro 28.

Con el objeto de simplificar el cálculo del valor total (Vsc) - para la subcuenca del río Quiscab, los productos de los valores absoluto, relativo y coeficiente de ajuste se realizaron en el mismo cuadro 28 y se presentan en la última columna del mismo, efectuando su adición correspondiéndole un valor igual a 15.79.

Cuadro 28. Resumen de los valores absoluto (VA), relativo (VR), Coeficiente de ajuste (Ca) de los parámetros evaluados en la subcuenca del río Quiscab y su puntaje total (Vsc).

Parámetro	Valor Absoluto (VA)	Valor Relativo (VR)	Coeficiente de ajuste (Ca)	VA*VR* Ca
Recurso humano	1	7.0	0.50	3.50
Grado de erosión	0.9	7.5	0.69	4.66
Receptividad del poblador rural	0.8	7.0	0.57	3.19
Cobertura boscosa	0.7	8.0	0.16	0.90
Accesibilidad y vías de comunicación	0.6	7.0	0.52	2.18
Areas silvestres	0.5	0.0	0.00	0.00
Disponibilidad del recurso hídrico	0.4	0.5	0.38	0.76
Grado de contaminación de los recursos agua y suelo	0.3	3.5	0.25	0.26
Tamaño de la subcuenca	0.2	6.0	0.27	0.32
Turismo	0.1	7.0	0.04	0.02
Total ($Vsc = \sum_{i=1}^{10} VAI * VRi * Cai$)				15.79

FUENTE: Elaboración propia. 1989.

5.2 Subcuenca río Panajachel

5.2.1 Recurso humano

En 11,350 habitantes se estimó el volumen de población para esta subcuenca, considerando los centros poblados localizados en la misma y que se presentan en el cuadro 29.¹

Cuadro 29. Volúmenes de población por centro poblado de la subcuenca del río Panajachel

Nombre de la población	número de habitantes
Concepción	947
Pujujilito	74
Pachicoj	45
Patzutzun	580
Chuitziyutz	30
Pujujil	2,091
San Andrés Semetabaj	984
Sejuyú	262
Potrero Grande	3
Xecotoj	7
Panajachel	3,403
Juncayá	920
Natividad	53
Patanatic	434
Santa Victoria	8
Santa Socorro	4
Sacsiguan	60
San Isidro	358
San Jorge La Laguna	1,087

FUENTE: Dirección General de Estadística.¹ 1984.¹

Sus componentes se cuantificaron de la manera siguiente:

5.2.1.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro por su grado de

importancia en la priorización de subcuencas es igual a 1.

5.2.1.2 Valor relativo

El valor relativo se determinó encontrándose los índices de volumen y densidad de población (cuadros 19 y 20) que son 3 y 2 respectivamente. La sumatoria de los mismos es 5.

Según el rango de puntaje (cuadro 1), se obtuvo un valor relativo igual a 10.0.

5.2.1.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste es igual a 0.83, como resultado de dividir la sumatoria de los índices de volumen y densidad de población entre el máximo puntaje que se puede obtener:

$$Ca = 5/6$$

$$Ca = 0.83$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.2.2 Grado de erosión

En la subcuenca del río Panajachel se determinaron tres grados de erosión obteniéndose su correspondiente porcentaje de área según se muestra en el cuadro 30.

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.2.2.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro según su orden de importancia en la priorización de subcuencas es de 0.9

5.2.2.2 Valor relativo

Con el porcentaje de área afectada por tipo y grado de ero-

sión (cuadro 2) se estableció el puntaje según el grado y extensión de la erosión de la siguiente manera:

- erosión severa 15 puntos
- erosión laminar 8 puntos
- erosión moderada 20 puntos

Total . . 43 puntos.

Este puntaje permitió fijar, según el rango del puntaje, en 7.5 el valor relativo (cuadro 3).¹

Cuadro 30.¹ Porcentaje de área afectada por tipo y grado de erosión

Grado de erosión	Tipo de erosión	Area (Km ²)	% área afectada
ligera	laminar	2.121	3
moderada	surcos	33.001	50
severa	cárcavas	31.438	47

FUENTE: Elaboración propia. 1989.

5.2.2.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se calculó dividiendo el puntaje obtenido según el grado y extensión de la erosión entre el máximo puntaje que se puede alcanzar, arrojando el siguiente resultado:

$$Ca = 43 / 62$$

$$Ca = 0.694$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.2.3 Receptividad del poblador rural

En la subcuenca del río Panajachel se detectaron organizaciones, tanto de empresas asociativas como de comunidades campesinas y de propiedad individual, según se muestra en el cuadro 31.

Cuadro 31. Beneficiarios según tipo de tenencia de la tierra

Tipo de propiedad	Número de organizaciones y/o propietarios
Cooperativa agropecuaria	1
Asentamiento agrario	1
Individual	283

FUENTE: Elaboración propia 1989, con información proporcionada por el Instituto Nacional de Transformación Agraria -INTA-.

Sus componentes se cuantificaron de la manera siguiente:

5.2.3.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro según su orden de importancia en la priorización de subcuencas es de 0.8.

5.2.3.2 Valor relativo

Con los datos presentados en el cuadro 31 se procedió a de terminar los puntajes según el grado de receptividad (cuadro 4) quedando de la siguiente manera:

- propiedad individual 0 puntos
- comunidades campesinas 4 puntos
- empresas asociativas 8 puntos

total . . . 12 puntos,

este puntaje permitió fijar, según el rango de puntaje, en 7.0 el valor relativo (cuadro 5).

5.2.3.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se calculó dividiendo el puntaje obtenido (12 puntos) entre el máximo puntaje que se puede obtener alcanzando el resultado siguiente:

$$Ca = 12/21$$

$$Ca = 0.571$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.2.4 Cubierta boscosa

Esta subcuenca presentó un área boscosa de 50 Km², que representa un 76 % del área total de la misma.

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.2.4.1 Valor absoluto

Para este parámetro, el valor absoluto, se considera igual a 0.7 por su grado de importancia en la priorización de sub

cuenca de la cuenca del lago de Atitlán.

5.2.4.2 Valor relativo

El área boscosa en esta subcuenca es equivalente al 76 % - del área total de la misma, por lo que en el cuadro 6, se ubicó el rango de puntaje respectivo, determinándose un valor relativo del parámetro igual a 10.0.

5.2.4.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se calculó de igual manera que en la subcuenca del río Quiscab, obteniéndose un resultado igual a 0.09.

$$Ca = 50/540$$

$$Ca = 0.09$$

En donde Ca = a coeficiente de ajuste.

5.2.5 Accesibilidad y vías de comunicación

Los caminos identificados en esta subcuenca se detallan en el cuadro 32, señalando la clase, lugar de origen y lugar de destino, así como su estado de conservación.

Sus componentes se cuantificaron de la manera siguiente:

5.2.5.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro según su orden de importancia en la priorización de subcuencas es de 0.6.

5.2.5.2 Valor relativo

De acuerdo con el estado de conservación de los caminos se asignó el siguiente puntaje a cada clase de camino:

- Principal o troncal	12 puntos
- secundario	18 puntos
- terciario	6 puntos
- herradura	1 punto
total	37 puntos,

para el cálculo del puntaje del camino secundario, se efectuó una sumatoria parcial, pues como puede observarse en el cuadro 32, esta clase de camino presenta dos tipos de conservación (regular y bueno), por lo que de acuerdo a los puntajes asignados a la misma (cuadro 7), le corresponde los puntajes 7 y 11 respectivamente.

El resultado obtenido (37 puntos) permitió fijar, según los rangos de puntaje (cuadro 8), en 10.0 el valor relativo para este parámetro.

Cuadro 32. Estado de conservación y clase de camino

Clase de camino	lugar de origen	lugar de destino	conservación
Troncal	Carretera Interamericana		bueno
Secundario	Panajachel	Sn. Andrés S.	regular
Secundario	Sn. Andrés S.	Godínez	bueno
Terciario	Sn. Andrés S.	Fca. Tzarayá	regular
Terciario	Panajachel	Sta. Catarina P.	regular
Terciario	Concepción	Sololá	regular
Herradura	Diversas aldeas		regular

FUENTE: Elaboración propia. 1989.

5.2.5.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se calculó dividiendo el puntaje total obtenido según el grado de conservación y clase de camino entre el máximo puntaje que se puede alcanzar, obteniéndose el resultado siguiente:

$$Ca = 37/42$$

$$Ca = 0.881$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.2.6 Areas silvestres y reserva forestal

Esta subcuenca no ha sido contemplada para la elaboración de estudios y ejecución de proyectos, así como tampoco existen proyectos que se ejecutaron en años anteriores y que involucren componentes tales como areas silvestres o de reserva forestal.

De esta forma, se asignó un valor absoluto unicamente igual a 0.5 a este parámetro por su grado de importancia en la priorización de subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán.

5.2.7 Disponibilidad del recurso hídrico

En la subcuenca del río Panajachel se identificaron 1,979 hogares, de los cuales 782 cuentan con servicio de agua, existiendo un déficit de hogares sin servicio de agua igual a 1,197 (9), por lo que se considera al recurso hídrico, en el sector poblacional, como escaso en tanto que en el sector agrícola se considera como limitado.

Estas observaciones permitieron asignar un puntaje al tipo de uso

del recurso hídrico, en función del grado de satisfacción de la demanda, como a continuación se detalla:

- poblacional 40 puntos
- agrícola 28 puntos
- total . . 68 puntos

Sus componentes se cuantificaron de la manera siguiente:

5.2.7.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro, según su orden de importancia en la priorización de subcuencas es de 0.4.

5.2.7.2 Valor relativo

Una vez obtenido el resultado según el grado de satisfacción de la demanda (68 puntos), éste se multiplicó por 40 que es el valor máximo y luego se dividió entre la sumatoria de los valores máximos que es 180.

El resultado (15 puntos) permitió fijar, según el rango de puntaje en 5.0 el valor relativo para este parámetro (cuadro 12).

5.2.7.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se obtuvo dividiendo 15, que es el puntaje total obtenido de acuerdo al grado de satisfacción de la demanda, entre el máximo puntaje que se puede obtener (cuadro 12), obteniéndose un coeficiente de ajuste igual a 0.375.

5.2.8 Grado de contaminación de los recursos agua y suelo

Para la subcuenca del río Panajachel se determinó que existe un total de 20 centros poblados, con un total de 10,068 habitantes (9).

Este datos nos permitió establecer que el grado de contaminación que existe en la subcuenca es de grado bajo.

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.2.8.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro, según su orden de importancia en la priorización de subcuencas, es de 0.3.

5.2.8.2 Valor relativo

Una vez identificados los centros poblados (cuadro 29) y de terminado el número de habitantes, se estableció el puntaje correspondiente en el cuadro 13, siendo éste de nueve puntos.

Este puntaje permitió fijar, según el rango de puntaje, en 3.5 el valor relativo para este parámetro (cuadro 14).

5.2.8.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se calculó dividiendo el puntaje obtenido (9 puntos), según el grado de contaminación por centros poblados, entre el máximo puntaje que se puede alcanzar, obteniéndose un coeficiente de ajuste igual a 0.375.

5.2.9 Tamaño de la subcuenca

El área de la subcuenca del río Panajachel es igual a 66 kilómetros cuadrados.

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.2.9.1 Valor absoluto

El valor absoluto para este parámetro es igual a 0.2 por su grado de importancia en la priorización de subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán.

5.2.9.2 Valor relativo

El porcentaje de área para la subcuenca del río Panajachel es del 12 % (cuadro 24) lo que la ubica en un rango de puntaje entre 0 y 25 (cuadro 15) obteniéndose un valor relativo igual a 4.0.

5.2.9.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste para este parámetro es igual a - 0.12, que se obtuvo de la siguiente manera:

$$Ca = 66/540$$

$$Ca = 0.12$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.2.10 Turismo

En la subcuenca del río Panajachel se localizaron 41 hoteles con 644 habitaciones (cuadro 25).

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.2.10.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro es de 0.1 por su orden de importancia para la priorización de subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán.

5.2.10.2 Valor relativo

El valor relativo para este parámetro corresponde a 3.0 (cuadro 16). Para determinarlo se definieron los índices de número de hoteles y número de habitaciones (cuadros 26 y 27), se sumaron y se fijó el rango que correspondió a 0.3.

5.2.10.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste es igual a 0.82, que es el resultado del proceso de la ecuación descrita en la subcuenca del río Quiscab.

$$Ca = \frac{41/51 + 644/753}{2}$$

$$Ca = \frac{0.8 + 0.85}{2} \quad Ca = 0.82$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.2.11 Resúmen

Para los 10 parámetros, al igual que para la subcuenca del río Quiscab, se encontraron sus respectivos valores absoluto (VA), relativo (VR) y su coeficiente de ajuste (Ca), los mismos se presentan en el cuadro 33.

Con el objeto de simplificar el cálculo del valor total para la subcuenca (Vsc), los productos de los valores absoluto, relativo y coeficiente de ajuste, se realizaron en el mismo cuadro y se presentan en la última columna, efectuando su adición obteniendo un valor de 23.56 (cuadro 33).

Cuadro 33. Resumen de los valores Absoluto (VA), Relativo (VR), Coeficiente de ajuste (Ca) de los parámetros evaluados en la subcuenca del río Panajachel y su puntaje total (Vsc).

Parámetro	Valor Absoluto (VA)	Valor Relativo (VR)	Coeficiente de ajuste (Ca)	VA * VR * Ca
Recurso humano	1	10.0	0.83	8.30
Grado de erosión	0.9	7.5	0.69	4.66
Receptividad del poblador rural	0.8	7.0	0.57	3.19
Cobertura boscosa	0.7	10.0	0.09	0.63
Accesibilidad y vías de comunicación	0.6	10.0	0.88	5.28
Areas silvestres	0.5	0.0	0.00	0.00
Disponibilidad del recurso hídrico	0.4	5.0	0.38	0.76
Grado de contaminación de los recursos agua y suelo	0.3	3.5	0.38	0.40
Tamaño de la subcuenca	0.2	4.0	0.12	0.10
Turismo	0.1	3.0	0.82	0.24
Total ($Vsc = \sum_{i=1}^{10} VAI * VRI * Cai$)				23.56

72

FUENTE: Elaboración propia. 1989.

5.3 Subcuenca Azul

5.3.1 Recurso humano

El volúmen de población para esta subcuenca se estimó en 41,633 habitantes, considerando los centros poblados localizados en la misma y que se presentan en el cuadro 34.

Cuadro 34. Volúmenes de población por centro poblado de la subcuenca Azul

Nombre de la población	Número de habitantes
Finca El Recuerdo	2
Finca La Providencia	6
Tzanchaj	546
Panabaj	1,075
Fc. S. Isidro Chacayá	77
San Lucas Tolimán	6,067
Finca Paxan	291
Santiago Atitlán	14,152
Finca Venecia	33
Pachitulul	66
Tzampetey	117
Cerro de Oro	2,367
Finca Tzantiziapa	87
San Pedro La Laguna	5,597
San Antonio Palopó	1,834
San Juan La Laguna	2,068
Kequistel	489
Patzaj	59
Godínez	298
San Pablo La Laguna	2,811
San Marcos La Laguna	927
Santa Catarina Palopó	1,049
Tzumuná	739
Jaibalito	164
Santa Cruz La Laguna	535
Pajomel	177

FUENTE: Dirección General de Estadística. 1984.

Sus componentes se cuantificaron de la manera siguiente:

5.3.1.1 Valor absoluto

Por el grado de importancia de este parámetro, el valor ab soluto asignado es igual a 1.

5.3.1.2 Valor relativo.

El valor relativo se determinó encontrando los índices de volumen y de densidad de población (cuadros 19 y 20) que son 1 y 3 respectivamente, obteniéndose un total igual a 4. Según el rango de puntaje (cuadro 1) se obtuvo un valor re lativo igual a 7.0.

5.3.1.3 Coeficiente de ajuste

0.67 es el coeficiente de ajuste para este parámetro y se obtuvo como resultado de dividir la sumatoria de los índices de volumen y de densidad de población entre el máximo puntaje que se puede obtener:

$$Ca = 4/6$$

$$Ca = 0.67$$

En donde Ca = a coeficiente de ajuste.

5.3.2 Grado de erosión

En la subcuenca Azul se determinaron cuatro grados de erosión, obteniéndose su correspondiente porcentaje de área según se muestra en el cuadro 35.

Sus componentes se cuantificaron de la manera siguiente:

5.3.2.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro según su orden de importancia en la priorización de subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán es de 0.9.¹

5.3.2.2 Valor relativo

Con el porcentaje de área afectada por tipo y grado de erosión (cuadro 2) se estableció el puntaje según el grado y extensión de la erosión de la siguiente manera:

- Erosión libre 2 puntos
- erosión severa 15 puntos
- erosión moderada 10 puntos
- erosión ligera 8 puntos
- total 35 puntos,

este puntaje permitió fijar, según el rango del puntaje, - en 7.5 el valor relativo para este parámetro (cuadro 3).¹

Cuadro 35. Porcentaje de área afectada por tipo y grado de erosión

Grado de erosión	Tipo de erosión	Area (Km ²)	% area afectada
ligera	laminar	7.250	2
moderada	surcos	64.188	19
severa	cárcavas	129.302	40
libre	No afectada	125.688	39

FUENTE: Elaboración propia. 1989.¹

5.3.2.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se calculó dividiendo el puntaje total obtenido según el grado y extensión de la erosión - entre el máximo puntaje que se puede alcanzar, obteniendo el siguiente resultado:

$$Ca = 35/62$$

$$Ca = 0.564$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.3.3 Receptividad del poblador rural

En la subcuenca Azul se detectaron organizaciones tanto de empresas asociativas como de comunidades campesinas y de propiedad individual, según se muestra en el cuadro 36.

Cuadro 36. Beneficiarios según tipo de tenencia de la tierra

Tipo de propiedad	número de organizaciones y/o propietarios
Cooperativa agropecuaria	5
Asentamientos agrarios	4
Individual	701

FUENTE: Elaboración propia. 1989, con información del Instituto Nacional de Transformación Agraria -INTA-

Sus componentes se cuantificaron de la manera siguiente:

5.3.3.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro según su orden

de importancia en la priorización de subcuencas es de 0.8.

5.3.3.2 Valor relativo

Con los datos presentados en el cuadro 36 se procedió a determinar los puntajes según el grado de receptividad (cuadro 4) quedando de la siguiente manera:

- propiedad individual 0 puntos
 - comunidades campesinas 7 puntos
 - empresas asociativas 8 puntos
- total . . . 15 puntos

Este puntaje permitió fijar, según el rango del puntaje, en 10.0 el valor relativo para este parámetro (cuadro 4).

5.3.3.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste para este parámetro se calculó dividiendo el puntaje total obtenido (15 puntos), entre el máximo puntaje que se pueda alcanzar, obteniendo el resultado siguiente:

$$Ca = 15/21$$

$$Ca = 0.714$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.3.4 Cubierta boscosa

En la subcuenca Azul se cuantificaron 121 Kms² de cubierta boscosa que representa un 37 % del área total de la misma.

Sus componentes se calcularon de la siguiente manera:

5.3.4.1 Valor absoluto

El valor absoluto para este parámetro se considera igual a

0.7 por su grado de importancia en la priorización de subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán.

5.3.4.2 Valor relativo

El área boscosa en la subcuenca Azul se estimó en un 37 % del área total de la misma, ubicándose (cuadro 6) en el rango de puntaje que va de 26 a 50 por lo que el valor relativo de este parámetro es igual a 6.0.

5.3.4.3 Coeficiente de ajuste

De igual manera que en el caso de las subcuencas anteriores se calculó un coeficiente de ajuste (C_a) para este parámetro igual a 0.22.

5.3.5 Accesibilidad y vías de comunicación

Los caminos identificados en la subcuenca Azul se detallan en el cuadro 37 señalando la clase, lugar de origen y lugar de destino así como su estado de conservación.

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.3.5.1 Valor absoluto

El valor absoluto de este parámetro asignado según su orden de importancia en la priorización de subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán es de 0.6.

5.3.5.2 Valor relativo

De acuerdo al estado de conservación de los caminos, se asignó el siguiente puntaje a cada clase de camino:

- terciario 16 puntos
- herradura 1 punto
- total . . 17 puntos

Para el cálculo del puntaje del camino terciario se efectuó una sumatoria parcial, pues como puede observarse en el cuadro 37, esta clase de camino presenta dos tipos de conservación (regular y bueno) por lo que de acuerdo con los puntajes asignados a la misma (cuadro 7) le corresponde los puntajes 6 y 10 respectivamente.¹

El resultado obtenido (17 puntos), permitió fijar, según los rangos de puntaje (cuadro 8) en 7.0 el valor relativo para este parámetro.¹

Cuadro 37.¹ Estado de conservación y clase de camino

Clase de camino	lugar de origen	lugar de destino	conservación
Terciario	Sololá	Panajachel	regular
Terciario	Sololá	Concepción	regular
Terciario	Godínez	Sn. Andrés S.	bueno
Terciario	Godínez	Sn. Lucas T.	regular
Terciario	S. Lucas T.	Santiago A.	regular
Terciario	Santiago A.	Sn. Pedro la L.	regular
Terciario	Sn. Lucas T.	Cerro de Oro	regular
Herradura	Diferentes lugares		malo

FUENTE:Elaboración propia. 1989.¹

5.3.5.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste para este parámetro se calculó -
dividiendo el puntaje total obtenido según el grado de -
conservación y clase de camino, entre el máximo puntaje -
que se puede alcanzar, obteniéndose el siguiente resulta-
do:

$$Ca = 17/42$$

$$Ca = 0.404$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.¹

5.3.6 Áreas silvestres y reserva forestal

En la subcuenca del lago se establecieron varios estudios relacio-
nados con áreas silvestres los cuales se mencionan en el cuadro 38.¹

Cuadro 38. Proyectos de áreas silvestres en la subcuenca Azul

Proyecto	ubicación	situación
Reserva para el pato zambullidor (<u>Podilymbus gigas</u>)	Bahía de Santiago Atitlán	estudio
Reserva para el Quetzal (<u>Pharomacrus moccino</u>)	Volcanes de Sn. Lucas, Santiago y San Pedro	estudio
Reserva para el pavo de cacho (<u>Oreophasis derbrianus</u>)	"	estudio
Reserva para el mono araña (<u>Ateles geoffroyi</u>)	"	estudio

FUENTE: Estudio de prefactibilidad para un plan maestro de los
recursos naturales renovables de Guatemala.¹ 1975.¹

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.3.6.1 Valor absoluto

El valor absoluto según el grado de importancia de este parámetro en la priorización de las subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán se considera igual a 0.5.¹

5.3.6.2 Valor relativo

El valor relativo de este parámetro se estableció luego de determinar y ubicar los proyectos asignándose un puntaje - de tres por encontrarse todos ellos en una fase de estudio (cuadro 9).¹

El puntaje asignado permitió establecer en el cuadro 10, - un valor relativo igual a 3.¹

5.3.6.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste es igual a 0.07 y se determinó dividiéndolo tres, que es el puntaje obtenido según la situación de los proyectos, entre cuarenta y cinco que es el - máximo puntaje del parámetro que se puede obtener.¹

5.3.7 Disponibilidad del recurso hídrico

En la subcuenca Azul se identificaron a 6,221 hogares, de los cuales 1,581 cuentan con servicio de agua, existiendo 4,640 hogares - sin este servicio (9) por lo que, se considera al recurso hídrico, en el sector poblacional como escaso y, limitado, para el sector - agrícola.¹

Estas observaciones permitieron asignar un puntaje al tipo de uso

del recurso hídrico, en función del grado de satisfacción de la demanda, como a continuación se detalla:

- poblacional 40 puntos
- agrícola 28 puntos
- total 68 puntos

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.3.7.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro según su orden de importancia en la priorización de subcuencas es de 0.4.

5.3.7.2 Valor relativo

Una vez obtenido el resultado según el grado de satisfacción de la demanda (68 puntos) éste se multiplicó por 40 que es el valor máximo y luego se dividió entre la sumatoria de los valores máximos que es 180. El puntaje obtenido (15 puntos) permitió fijar, según el rango de puntaje en 5.0 el valor relativo para este parámetro (cuadro 12).

5.3.7.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste se obtuvo dividiendo 15 que es el puntaje obtenido de acuerdo al grado de satisfacción de la demanda, entre el máximo puntaje que se puede obtener (cuadro 12), obteniéndose el siguiente resultado:

$$Ca = 15/40$$

$$Ca = 0.375$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.3.8 Grado de contaminación de los recursos agua y suelo

Para la subcuenca Azul se determinó que existe un total de 31 centros poblados, con un total de 39,763 habitantes (9), considerándose que existe contaminación en grado medio.

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.3.8.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro según su orden de importancia en la priorización de subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán es de 0.3.

5.3.8.2 Valor relativo

Una vez identificados los centros poblados (cuadro 34) y determinado el número de sus habitantes, se estableció el puntaje correspondiente en el cuadro 13, siendo éste de 6. Este puntaje permitió fijar, según el rango de puntaje, en 3.5 el valor relativo para este parámetro (cuadro 14).

5.3.8.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste para este parámetro se calculó dividiendo el puntaje obtenido (6 puntos), según el grado de contaminación por centros poblados entre el máximo puntaje que se puede alcanzar, obteniéndose el siguiente resultado:

$$Ca = 6/24$$

$$Ca = 0.25$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.3.9 Tamaño de la subcuenca

El área de la subcuenca Azul, incluyendo el lago de Atitlán es igual a 326 Kms².

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.3.9.1 Valor absoluto

El valor absoluto para este parámetro por su grado de importancia en la priorización de subcuencas, se considera igual a 0.2.

5.3.9.2 Valor relativo

El porcentaje de área para la subcuenca Azul es igual a 60 % (cuadro 24), lo que la ubica en un rango de puntaje entre 51 y 75 (cuadro 15) obteniéndose un valor relativo igual a 8.0.

5.3.9.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste para este parámetro es igual a 0.6, que se obtuvo de la siguiente manera:

$$Ca = 326/540$$

$$Ca = 0.6$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.3.10 Turismo

En la subcuenca Azul se localizaron siete hoteles con ochenta y cuatro habitaciones (cuadro 25).

Sus componentes se cuantificaron de la siguiente manera:

5.3.10.1 Valor absoluto

El valor absoluto asignado a este parámetro es de 0.1 por su importancia para la priorización de subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán.

5.3.10.2 Valor relativo

El valor relativo para este parámetro corresponde a 7.0 (cuadro 16). Para determinarlo se definieron los índices de número de hoteles y número de habitaciones, (cuadros 26 y 27), se sumaron y se fijó el rango que correspondió al que va de 4 a 6.

5.3.10.3 Coeficiente de ajuste

El coeficiente de ajuste, para este parámetro es igual a 0.12, que es el resultado del proceso de la ecuación descrita en la subcuenca del río Quiscab.

$$Ca = \frac{7/51 + 84/753}{2}$$

$$Ca = \frac{0.14 + 0.11}{2} ; Ca = 0.12$$

En donde Ca = coeficiente de ajuste.

5.3.11 Resumen

Para los 10 parámetros evaluados se encontraron sus respectivos valores absoluto, relativo y coeficiente de ajuste (cuadro 39). Se simplificó el cálculo del valor total para la subcuenca Azul y los mismos se presentan en la última columna del cuadro 39 al igual que el valor total (Vsc) que es 19.66.

Cuadro 39. Resumen de los valores absoluto (VA), relativo (VR), Coeficiente de ajuste (Ca) de los parámetros evaluados en la Subcuenca Azul y su puntaje total (Vsc).

Parámetro	Valor Absoluto (VA)	Valor Relativo (VR)	Coeficiente de ajuste (Ca)	VA * VR * Ca
Recurso humano	1	7.0	0.67	4.69
Grado de erosión	0.9	7.5	0.56	3.78
Receptividad del poblador rural	0.8	10.0	0.71	5.68
Cobertura boscosa	0.7	6.0	0.22	0.92
Accesibilidad y vías de comunicación	0.6	7.0	0.40	1.68
Áreas silvestres	0.5	3.0	0.06	0.09
Disponibilidad del recurso hídrico	0.4	5.0	0.38	0.76
Grado de contaminación de los recursos agua y suelo	0.3	3.5	0.25	0.26
Tamaño de la subcuenca	0.2	8.0	0.60	0.96
Turismo	0.1	7.0	0.12	0.84
Total ($V_{sc} = \sum_{i=1}^{i=10} V_{Ai} * V_{Ri} * C_{Ai}$)				19.66

FUENTE: Elaboración propia. 1989.

6.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Como puede observarse en los cuadros 28, 33 y 39, los resultados obtenidos para cada subcuenca (Vsc), permiten ordenar las mismas de la manera siguiente:

- 1o. Subcuenca del río Panajachel 23.56 puntos
- 2o. Subcuenca Azul 19.66 puntos
- 3o. Subcuenca del río Quiscab 15.79 puntos

El anterior ordenamiento se sustenta en:

6.1 Subcuenca del río Panajachel

En esta subcuenca, los valores relativos más altos corresponden a los parámetros: recurso humano, cobertura boscosa y accesibilidad y vías de comunicación.

En lo que respecta a recurso humano, la subcuenca del río Panajachel, es la subcuenca que menor número de habitantes reporta, aunque es la segunda en cuanto a densidad de población. Por otra parte, según la información obtenida, se determinó que es la subcuenca que mayor cobertura boscosa tiene (76 %) en relación a su área total y finalmente, es la subcuenca que posee infraestructura vial, que le permite tener comunicación con la mayor parte de las poblaciones que en ella se asientan.

Los parámetros: grado de erosión y receptividad del poblador rural, presentan iguales valores (7.5 y 7.0 respectivamente) con la subcuenca del río Quiscab, diferenciándose de la subcuenca Azul en que el último parámetro citado anteriormente, es más alto (10.0).

En esta subcuenca, no se detectaron proyectos relacionados con la vida

silvestre y los valores del resto de parámetros evaluados oscilan entre 3.0 y 5.0.

6.2 Subcuenca Azul

En esta subcuenca, el parámetro receptividad del poblador rural, presenta el valor relativo más alto (10.0) que en las otras dos subcuencas, existiendo valores relativos similares para los parámetros recurso humano, grado de erosión y accesibilidad y vías de comunicación.

El tamaño de la subcuenca alcanza un valor relativo de 8.0, sin embargo, este no influye en gran medida al momento de determinarse el puntaje total de la subcuenca (Vsc).

Los valores del resto de parámetros evaluados oscilan entre 3.5 y 7.0, sobresaliendo para esta subcuenca un valor relativo (VR) igual a 7.0 en el parámetro turismo. En la subcuenca Azul se detectaron proyectos relacionados con la vida silvestre, y que mejoraron en su puntaje a esta subcuenca, comparativamente con la del río Quiscab.

6.3 Subcuenca del río Quiscab

En esta subcuenca, se observa un mayor balance entre los valores relativos de los parámetros evaluados que en las otras dos subcuencas, pues en ella no existen valores relativos extremos.

En esta subcuenca no se detectaron proyectos relacionados con la vida silvestre y el parámetro turismo alcanza un valor relativo igual a 7.0

6.4 Valores numéricos finales

Estos, no son más que la expresión de la ponderación obtenida para cada parámetro evaluado por subcuencas y que permitió la priorización de la subcuenca del río Panajachel que alcanzó el mayor valor por subcuenca.

7. CONCLUSIONES

7.1 En la cuenca del lago de Atitlán existen tres subcuencas importantes que son las formadas por el río Quiscab, el río Panajachel y el lago de Atitlán, a esta última se le denominó subcuenca Azul. Las dos primeras forman los abanicos fluviales más notorios y la tercera posee corrientes de corto recorrido, con caudales pequeños o inexistentes.

7.2 De acuerdo a la investigación realizada, la priorización de las subcuencas de la cuenca del lago de Atitlán, está en el siguiente orden:

1o. subcuenca del río Panajachel

2o. subcuenca Azul

3o. subcuenca del río Quiscab (figura 5)

Esta priorización no sólo brinda la oportunidad de dirigir los esfuerzos de planificación, asignación de recursos y ejecución de programas hacia un manejo sostenido de los recursos naturales renovables de la subcuenca del río Panajachel, sino que además, ofrece información que permitirá tomar decisiones de carácter preventivo y correctivo en provecho de la conservación y manejo sostenido de los recursos naturales renovables de las subcuencas del río Quiscab y Azul.

7.3 Los parámetros recurso humano, grado de erosión, receptividad del poblador rural, cobertura boscosa, accesibilidad y vías de comunicación, alcanzan los mayores valores relativos en las tres subcuencas determinadas.

7.4 Los parámetros áreas silvestres, disponibilidad del recurso hídrico, grado de contaminación de los recursos agua y suelo, tamaño de la subcuenca y turismo, alcanzan los valores relativos más bajos en las tres subcuencas.

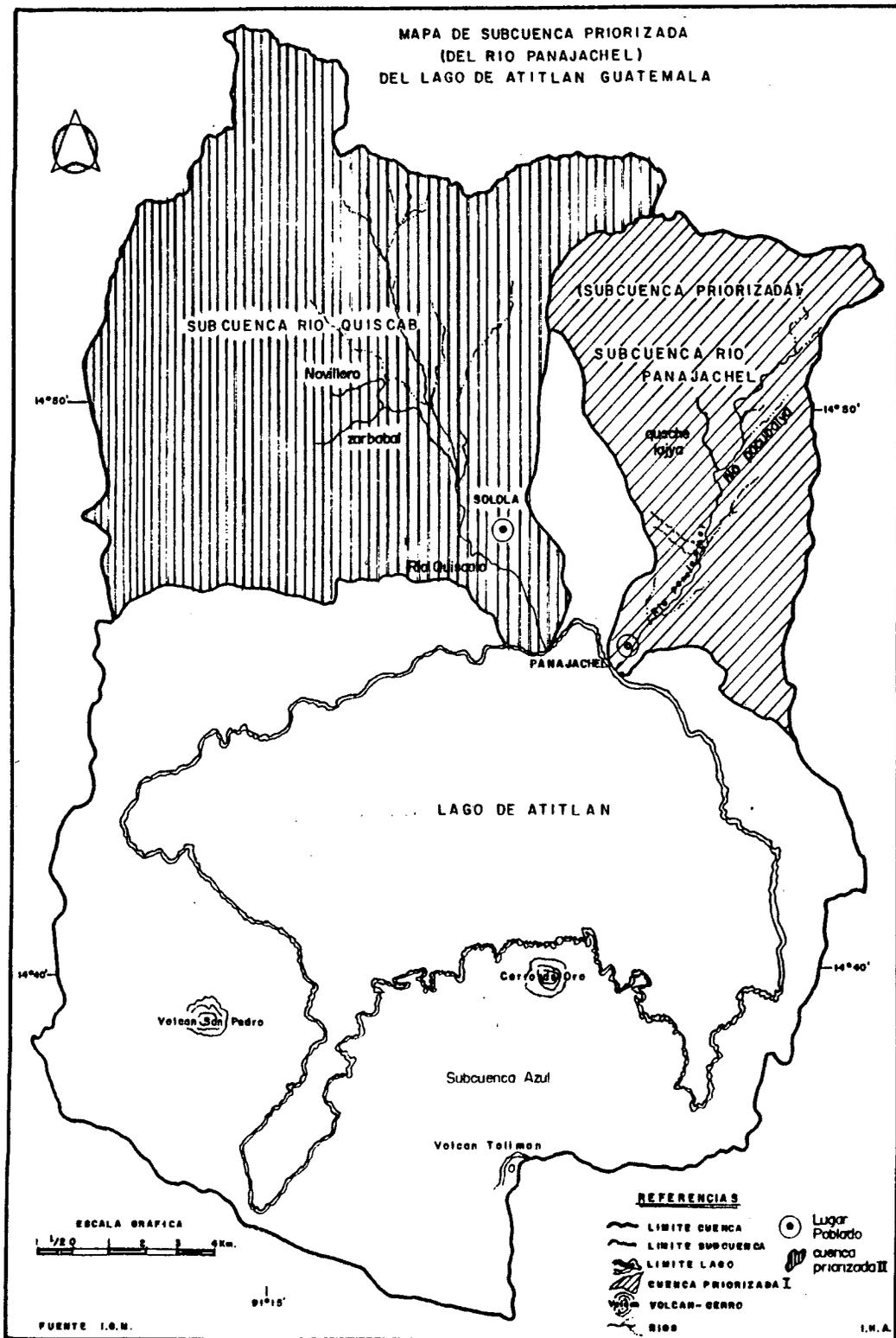


Figura 5. Mapa de la subcuenca prioritizada prioritizada (del río Panajachel) del lago de Atitlán. Guatemala.

cas, aunque para los parámetros tamaño de la subcuenca y turismo se alcanzan valores relativamente altos en dos de las subcuencas (Azul y Quiscab).

7.5 En su orden, los parámetros: recurso humano (en la subcuenca del río Panajachel), receptividad del poblador rural (en la subcuenca Azul) y grado de erosión (en las subcuencas Panajachel y Azul) respectivamente, alcanzan los mayores valores relativos.

8. RECOMENDACIONES

8.1 Es urgente iniciar un programa de recuperación de los recursos naturales renovables de la subcuenca del río Panajachel que contemple, como componentes prioritarios, el minifundio, la necesidad de alimento, la obtención de recursos energéticos como factores de presión sobre los recursos naturales renovables y que logre la participación de los beneficiarios en el proceso de planificación, ejecución y evaluación del programa, de tal manera que, se garantice la permanencia del programa a través del tiempo.

Este programa de recuperación de los recursos naturales renovables de la subcuenca del río Panajachel debe contemplar, entre otras, las siguientes acciones:

8.1.1 Para el recurso agua

8.1.1.1 En cuanto a disponibilidades

- a. Realizar el inventario del recurso, tomando como base la información hidrológica disponible en las instituciones relacionadas con el recurso o bien generando la misma.
- b. Efectuar un estudio de las posibilidades físicas de aprovechar el recurso con detalle de ubicación de los lugares apropiados para los diferentes aprovechamientos hidráulicos.

8.1.1.2 En cuanto a usos

- a. Elaborar un listado de usos posibles en los sectores poblacional, agrícola, pecuario, turístico, ho

telero, industrial y artesanal.

- b. Efectuar la prospección de demandas urbanas, agrícola, de recreación y ecología.

Conocer los volúmenes medios de aguas disponibles, su distribución espacial, su patrón de variabilidad, su calidad, su altura, la disponibilidad de sitios de embalse, así como, los usos y la prospección de demandas del recurso agua, permitirá desarrollar un balance de usos y disponibilidades con el propósito de establecer un ordenamiento de usos y destinos del agua a corto, mediano y largo plazo.

8.1.2 Para el recurso suelo

Partiendo de que el 97 % del área de esta subcuenca (cuadro 30), está afectada por erosión que va de moderada a severa, es conveniente efectuar las siguientes acciones:

8.1.2.1 En cuanto a obras de infraestructura

- a. Localizar geográficamente las areas con mayor problema de erosión.
- b. Elaborar un listado de prioridades para la construcción de obras de infraestructura para recuperación y conservación de este recurso.

8.1.2.2 En cuanto a usos

- a. Actualizar el mapa de uso de la tierra de esta subcuenca.
- b. Efectuar un análisis retrospectivo de los usos que se le han dado a este recurso.

c. Efectuar la prospección de demandas agrícola, ganadera, forestal y asentamientos poblacionales.

8.1.2.3 En cuanto a calidad

Elaborar el mapa de suelos de la subcuenca del río Panajachel.

Con la información obtenida se deberá desarrollar un programa de manejo y recuperación de suelos que incluya acciones tales como: diversificación de cultivos, fertilización y miniriego, así como, reforestación.

8.1.3 Para el régimen de propiedad de la tierra

Elaborar el catastro de la subcuenca del río Panajachel.

Esto permitirá definir un sistema de producción que permita mejorar el ingreso económico de los agricultores.

8.1.4 Para el recurso bosque

8.1.3.1 En cuanto a disponibilidades

- a. Realizar el inventario forestal de la subcuenca.
- b. Efectuar un estudio con detalle de ubicación para el aprovechamiento del recurso en áreas de extracción con fines industriales y energéticos, así como de recreación y conservación.

8.1.3.2 En cuanto a usos

- a. Efectuar la prospección de demandas energéticas, industriales y de construcción.

Con la información obtenida deberá desarrollarse un proyecto de manejo de este recurso, de tal manera que se garantice su

uso sostenido.

8.1.5 Para el recurso humano

Realizar un diagnóstico sociológico, que permita detectar los factores que puedan influir en la motivación de la población para su participación en la formulación, desarrollo y posterior evaluación del plan de manejo para la subcuenca del río Panajachel.

Todas estas acciones que se proponen, deberán tener un carácter integral de tal manera que se garantice un desarrollo sostenido de la población sin menoscabo de los recursos naturales renovables que posee la subcuenca del río Panajachel.

8.2 Dado a que el orden de prioridades puede variar en relación al tiempo, es necesario actualizar periódicamente el inventario de los recursos naturales renovables de la cuenca para realizar nuevos procesos de priorización.

8.3 El programa de recuperación de los recursos naturales renovables de la subcuenca del río Panajachel, debe formularse con participación de las comunidades localizadas en la misma o a través de sus representantes en los Consejos Municipales de Desarrollo de los municipios de Panajachel, San Andrés Semetabaj y Concepción, las instituciones Gubernamentales y no Gubernamentales que tengan presencia en el área, organizados en un "Consejo General" para la subcuenca y deberá ser ejecutado por una Unidad específica dirigida por un profesional con conocimiento en el manejo de los recursos naturales renovables.

Por otra parte, el financiamiento para poder ejecutar este programa, se recomienda, sea aportado por el Gobierno de Guatemala a través de los Ministerios de Agricultura, de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas, o bien se gestione ante organismos internacionales, esto no excluye, que pueda tener financiamiento tanto interno como externo.

8.4 Por la sencillez y facilidad de aplicación de la metodología utilizada, es aconsejable aplicarla en otras cuencas aunque no necesariamente se evalúen los mismos parámetros.

9. BIBLIOGRAFIA

1. ALVARADO CABRERA, D. G. 1980. Modelo general para el desarrollo agrícola y forestal de la cuenca del río Blanco. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 38 p.
2. BOTERO, P.J.; BENAVIDES, S.T.; ELBERSEN, G.W. 1975. Una metodología para levantamientos edafológicos. Bogotá, COL., s.n. 21 p.
3. BOVAY ENGINEERS HOOSTON (TEX.). 1975. Prefeasibility study for a master plan of the renewable natural resources of Guatemala.; Water. s.l., Programa of feasibility studies AID. V. 3, 187 p. (AID 520-L-016)
4. CASTAÑEDA, C.; PINTO, D. 1981. Recursos naturales de Guatemala. Guatemala, s.n. 80 p.
5. CONVENIO AID/ROCAP/PROYECTO REGIONAL DE MANEJO DE CUENCAS CATIE (PERU). Metodología para priorización de cuencas, subcuencas y microcuencas en conservación de suelos y aguas. Turrialba, C.R., CATIE. 76 p.
6. DICCIONARIO ENCICLOPEDICO. 1975. Barcelona, España, Salvat. s.p.
7. ESCOBAR REYES, O.L. Necesidad de educación ambiental en Guatemala. Tesis Lic. en Pedagogía. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Humanidades. 155 p.
8. GONZALEZ, A. 1986. Metodología para la identificación de áreas críticas y formulación de alternativas para un desarrollo sostenido en la cuenca del río Grande de Terraba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Costa Rica, CATIE. 210 p.
9. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA. 1984. Censos nacionales; IV habitación-IX población 1981. Guatemala. 500 p.
10. _____. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1970. Estudio morfométrico de cuencas; lago de Atitlán. Guatemala, Esc. 1:50,000. 6 p. Color.
11. _____. 1981. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. 4 v.
12. _____. INSTITUTO NACIONAL DE TRANSFORMACION AGRARIA. 1984. Asentamientos agrarios localizados en el departamento de Sololá. Guatemala. 16 p.
13. _____. LEYES, DECRETOS, ETC. 1989. Ley de áreas protegidas; decreto No. 4-89. Guatemala, Congreso de la República de Guatemala. 43 p.
14. GUTIERREZ, C.; INGER, J. 1982. Priorización de cuencas operativas de Nicaragua. Nicaragua, Financiera de Inversiones de Nicaragua. 84 p.
15. MONTALAMBERT, H.R.; CLEMENT, J. 1983. Disponibilidad de leña en los países en desarrollo. Roma, s.n. s.p.

16. OLAYA, A. 1985. Metodología para determinar prioridades del manejo integral de cuencas hidrográficas y su aplicación en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Universidad de Costa Rica. 196 p.
17. PERNALLETE, O.; GUERRA, M. 1977. Metodología para la determinación de prioridades en manejo de cuencas hidrográficas. Maracay, Venezuela, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 38 p.
18. SEMINARIO SOBRE CIENCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDAD Y DESARROLLO (1982, San José, C.R.). 1982. Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 41 p.
19. SEMINARIO SOBRE PRIORIZACIÓN DE CUENCAS (1987, Guatemala.). 1987. Ed. por Basterrechea M. Guatemala, CATIE, Proyecto Regional de Manejo de Cuencas. s.p.
20. TRUJILLO, A. 1978. Determinación de prioridades a nivel de cuencas y subcuencas para la zona MARNR-4 Estado Falcón, Caracas. Caracas, Venezuela, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 34 p.

Vo. Bo.

Perallete



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1845

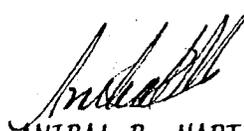
GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

18 de mayo de 1,990

"IMPRIMASE"




ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
DECANO