

# MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

## PLAN PRELIMINAR PARA EL MANEJO DE LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA DE CALDERAS, GUATEMALA

Luis Fernando Pereira Rodas  
Alan Roberto González F.(1)  
Efrain Medina Guerra(2)

P10

*El presente trabajo está relacionado con el uso adecuado de la tierra; permitió establecer las bases preliminares para el manejo de la microcuenca de la laguna de Calderas, Guatemala.*

*La secuencia metodológica de trabajo para el desarrollo del estudio correspondió a: 1) Caracterización biofísica y socioeconómica, 2) Diagnóstico, 3) Ordenación y 4) Propuesta del plan de manejo, adoptando el nivel preliminar de estudio y planificación.*

*En la ordenación (obtenida de la caracterización y diagnóstico) se delimitaron dos zonas de manejo: Protección y uso múltiple.*

*Sobre la base de la zonificación, se definió el Plan de Manejo, estructurado en programas y subprogramas, para la protección, conservación y rehabilitación de los recursos naturales renovables de la microcuenca.*

*Los programas y subprogramas formulados corresponden a: 1) Manejo de los recursos naturales: manejo del agua, suelo, bosque y fauna silvestre, 2) Desarrollo: reordenamiento del uso de la tierra, extensión y asistencia técnica, reordenamiento económico y promoción social, 3) Investigación y 4) Operación: administración.*

*Cada programa y subprograma contiene información referente a sus objetivos y propuesta de actividades a desarrollar.*

*Sin embargo, el principal problema en la ejecución del plan, lo constituye la falta de una estructura legal, política e institucional; por lo que hacia ello deben orientarse los esfuerzos posteriores.*

\* Resumen basado en el trabajo de tesis que, previo a recibir el título de Ingeniero Agrónomo, presentó el primero de los autores.

(1) Ing. Agr. Msc. en Manejo de Cuencas, asesor de tesis.

(2) Ing. Agr. Msc., Coordinador de la Sub-área de Manejo y uso de suelo y agua, Facultad de Agronomía, asesor de tesis.

## INTRODUCCION

Debido a la explotación inadecuada de los recursos naturales, se ha alterado la estabilidad de muchos ecosistemas. Los procesos de alteración de los mismos han producido impactos negativos que alcanzan lugares distantes del sitio donde se generan.

Una opción inmediata que pretende afrontar esta problemática consiste en apoyar los esfuerzos sobre investigación para el manejo ambiental con fines de desarrollo y conservación.

El presente documento forma parte de dicha opción, con la aplicación a nivel preliminar de una metodología para la planificación del manejo de cuencas hidrográficas.

Para ello, se seleccionó la microcuenca de la laguna de Calderas, Guatemala, al presentar dicha área las siguientes características: 1) Una notable y acelerada degradación del ecosistema formado por la microcuenca y 2) La dependencia del recurso agua por parte de una creciente población rural que ve reducida a un mediano y corto plazo, sus posibilidades de subsistencia, conjuntamente con el decremento de la calidad y cantidad del agua de la laguna.

El objetivo de este trabajo, es planificar el manejo de los recursos naturales de la microcuenca. Para el efecto, se procedió a determinar las características biofísicas y socioeconómicas del área e integrar dicha información en la ejecución del diagnóstico.

La información generada, se utilizó para su análisis y discusión, lo que permitió finalmente la elaboración de la propuesta de ordenación y manejo de la microcuenca.

El Plan propuesto estructura en programas y subprogramas, las actividades que son necesarias implementar para proteger, conservar y rehabilitar los recursos del área. Se pretende que la información presentada sirva de base para la toma de decisiones por parte de organismos e instituciones correspondientes, sobre las acciones correctivas que deben desarrollarse en beneficio del ecosistema y por ende de la población en general.

## MATERIALES Y METODOS

### 1. Descripción general del área.

La microcuenca de la laguna de Calderas es una microcuenca cerrada, localizada en la parte media de la cuenca mayor del río María Linda, sobre la vertiente del océano Pacífico, entre los meridianos  $90^{\circ}35'10''$  y  $90^{\circ}36'19''$  de longitud Oeste y los paralelos  $14^{\circ}23'18''$  y  $14^{\circ}25'05''$  de latitud Norte. Los límites geográficos de la microcuenca son: al Norte, las aldeas el Bejucal (San Vicente Pacaya, es-

cuintla) y el Pepinal (Amatitlán, Guatemala); al Oeste, las aldeas de San Francisco de Sales y el Cedro (San Vicente Pacaya); al Este, por las aldeas Mesillas Altas y Mesillas Bajas (Amatitlán) y al Sur, por los cerros Grande y Chiquito. (8).

Posee una extensión superficial de 5.1072 km<sup>2</sup>, abarca parcialmente las aldeas de San José Calderas, Amatitlán (4.35 km<sup>2</sup>) y la aldea San Francisco de Sales, San Vicente Pacaya (0.7572 km<sup>2</sup>). (8)

La fisiografía del área es mayoritariamente de terrenos montañosos y de ladera, su relieve es muy irregular, siendo las categorías de ondulado a escarpado las más representativas. La forma de la microcuenca es la de un vaso de almacenamiento, como resultado de constituir una microcuenca cerrada. Su orientación es de Sur a Norte. La microcuenca posee diferencias altitudinales que oscilan de los 2570 a 1778 msnm, con una elevación media de 1960 msnm. (8).

La geología del área es exclusivamente volcánica del período cuaternario, rocas ígneas y metamórficas, coladas de lava, material lahárico, tobas y edificios volcánicos. (5). La única fuente de agua superficial de la microcuenca la constituye la laguna, con una extensión de 32.45 há.

Según Simons et al. (9) los suelos de la microcuenca corresponden a la serie Alotenango, con textura arenosa, color café oscuro, consistencia suelto. También se identificaron las series Pacaya y Cimas volcánicas.

De acuerdo al mapa de zonas de vida basado en el sistema Holdridge (6), el área de la microcuenca se ubica en la zona de vida "Bosque húmedo Sub tropical (templado). El uso actual es principalmente agrícola, con cultivos permanentes en mayor escala (café), intensivos (maíz y frijol) y un remanente de bosque mixto latifoliado.

## 2. Etapas de estudio

### 2.1. Actividades preliminares

#### a. Recopilación de información

Con el propósito de determinar el tipo y cantidad de información existente sobre el área se efectuó la recopilación del material fotográfico, cartográfico y bibliográfico, para la planificación de el volumen de datos o para profundizar los niveles de análisis y prever el tipo, ubicación e intensidad de muestreos.

#### b. Ampliación y generación de información:

La secuencia de actividades de esta etapa corresponden a: 1) Reconocimiento total del área de estudio, 2) Comprobación de la fotointerpretación preliminar, 3) Inicio de observaciones generales y detalladas, 4) Ajuste de las líneas de fotointerpretación, 5) Validación y/o rectificación de la información obtenida a nivel preliminar, y 6) Obtención de la información.

Para el desarrollo de las actividades descritas, se utilizó el siguiente material: Mapa topográfico de la hoja Amatitlán (No. 2059 II, Esc. 1:50,000), fotografía aérea de cuatro diferentes años, (1962, 1972, 1982, 1985). Equipo de fotointerpretación y de apoyo (estereoscopios de bolsillo y de espejos, acetatos, crayones, rapidógrafos, mapa base, etc.). De la información más importante se obtuvo: Clasificación taxonómica de los suelos a nivel de gran grupo (2); uso actual y cobertura, capacidad de uso de la tierra por la metodología propuesta por el USDA (7) y la comparación del uso de la tierra para cuatro diferentes épocas.

La información de las características biofísicas, se complementó con la ejecución de un estudio socioeconómico, realizado a través de visitas a las instituciones de servicio con presencia en el área, consultas a los moradores, observaciones directas y entrevistas, elaborando para esta última actividad un cuestionario.

## 2.2 Diagnóstico

Para el desarrollo del diagnóstico de la microcuenca, se efectuaron las siguientes actividades

- Procesamiento y expresión de la información biofísica y socioeconómica (descripciones, cuadros, figuras, etc.) que forman la caracterización de la microcuenca.
- Evaluación de los aspectos ambientales más afectados en la microcuenca. Para el efecto, se empleó como base el método de interpretación y valoración, con apoyo de listas de control, que son listas de efectos ambientales por identificación. (1, 3, 4). El procedimiento concreto se efectuó por medio del análisis del uso de la tierra para cuatro diferentes épocas. Para cada año se obtuvieron mapas temáticos en transparencias del uso actual; las transparencias fueron sobrepuestas sucesivamente en orden cronológico, detectando las diferentes manifestaciones de uso para un período determinado de años (años según fotos), complementando lo anterior, a través de la sobreposición de mapas temáticos de uso actual y capacidad de uso, para obtener el mapa de problemática en el uso de la tierra (método de interpretación y valoración). Adicionalmente, por medio de actividades como recorridos de campo, entrevistas y observaciones directas, se confeccionaron listas de efectos ambientales (método de identificación). Ambas metodologías permitieron obtener la evaluación de los efectos ambientales.
- Asimismo, se puntualizó información referente a los sitios físicos de mayor riesgo en la microcuenca, mediante la elaboración del mapa de áreas críticas obtenido de la sobreposición de los mapas de pendientes, susceptibilidad a la erosión, uso actual y cobertura, capacidad de uso, problemática en el uso de la tierra, así como del resultado de recorridos de observación en el área, mapeando los sitios con problemas actuales y potenciales, con apoyo de los datos de las características físicas de los suelos y de la tecnología aplicada al proceso de utilización de los recursos naturales del área.

- La evaluación de los aspectos ambientales más afectados en la microcuenca y la determinación de las áreas críticas, permitió efectuar un listado de las situaciones problema existentes en el sitio de estudio, para resumir los resultados del diagnóstico.
- Con base en dicha información, se introdujo en el estudio el concepto de generación de escenarios, cuya determinación pretende establecer una secuencia lógica de eventos que demuestren cómo bajo ciertas condiciones en el presente, pueden desarrollarse y llegarse a determinados estados en el futuro (3).
- Se generaron tres escenarios, que corresponden a: extrapolativo, especulativo y normativo. Los dos primeros se efectuaron asumiendo menor y mayor grado respectivamente, el probable desarrollo y la secuencia de eventos que posiblemente ocurran si se mantienen las tendencias actuales y del pasado reciente. El escenario normativo se estableció con base a estados deseables en el futuro, lo que implica la adopción de una serie de medidas para llegar a dicho futuro.

### 2.3 Propuesta del plan de manejo preliminar.

La sobreposición de mapas temáticos acerca del uso actual y capacidad de uso, definidos en las etapas anteriores del estudio, permitió determinar la problemática en el uso de la tierra; información que sirvió de base para establecer las zonas de manejo de la microcuenca, pretendiendo un reordenamiento en el uso de la tierra.

Definidas las áreas de acuerdo al nivel de uso que sus condiciones naturales pueden aceptar, conjuntamente con un análisis socioeconómico de las posibilidades de la población en el uso de la tierra, para el cumplimiento de sus satisfactores básicos, así como para la elevación de su nivel de vida, se procedió a estructurar programas y subprogramas de manejo en la microcuenca, cuya formulación pretende alcanzar el equilibrio entre desarrollo y conservación.

En cada programa y subprograma, se describen los objetivos y las actividades más relevantes a desarrollar para alcanzar los mismos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Características biofísicas más importantes

#### 1.1 Hidrología

El sistema de drenaje de la microcuenca está constituido por una serie de cauces efímeros ubicados en toda el área, que fluyen directamente a la laguna. El agua captada en la microcuenca producto de la precipitación es la única fuente de recarga superficial de la laguna.

Se determinó que el uso principal del agua es para consumo humano, obtenida tanto a nivel directo de la laguna como por medio de la utilización de sistemas de bombeo. En total son 14 aldeas las que se benefician del agua, con una población aproximada total de 7797 habitantes.

## 1.2. Suelos

En la microcuenca se determinó la existencia de los siguientes órdenes de suelos: Inceptisol, Mollisol y Entisol. Dentro de ellos, el gran grupo VITRANDEPTS del orden inceptisol es el más representativo.

## 1.3. Erosión y sedimentación

El mayor problema de erosión en el área, es escurrimiento superficial. Las principales fuentes de sedimentación son las cárcavas y la erosión de áreas de cultivo, senderos y caminos.

## 1.4. Aspectos geotécnicos

Los principales aspectos geotécnicos del área, están asociados a la proximidad de la microcuenca al volcán de Pacaya. Las constantes erupciones y emanaciones de material volcánico tienen marcada incidencia en la estabilidad de la tierra.

## 1.5. Uso actual

El mayor uso en el área es el agrícola, en el que dominan los cultivos anuales y permanentes. Asimismo, por su extensión, se mencionan como usos importantes, el área ocupada por pastos y un remanente del bosque mixto latifoliado.

## 1.6 Capacidad de uso

En términos generales, la microcuenca posee una capacidad de uso eminentemente forestal, con más del 50 o/o del total del área ubicada entre las clases VI a la VIII, con limitaciones severas para la agricultura, por el alto peligro a la erosión, pedregocidad y la presencia de arena y grava en el suelo.

## 2. Socioeconómicas

La cuenca soporta un total de 1129 habitantes, para una densidad de 221 habitantes por km.2; la tasa de crecimiento poblacional se estima en 2,55 o/o. Las condiciones de vida de la población son muy bajas; infraestructura física deficiente. La estructura agraria está representada por una tenencia de la tierra mayoritariamente arrendada, tamaño promedio de las unidades productivas de 0.7 a 7 há., la ocupación principal es la agrícola; el principal producto es el café, con producciones muy por debajo de otras áreas cafetaleras (650 a 1950 kg/há). La comer-

cialización es principalmente por intermediarios, no existiendo fuentes públicas de financiamiento; la extensión y asistencia técnica es deficitaria.

### 3. Diagnóstico

La integración de la información obtenida en la determinación de los aspectos ambientales más afectados en la microcuenca y la ubicación y delimitación de áreas críticas, permitió obtener información sobre las situaciones problema, siendo éstas:

- Contaminación de la laguna
- Azolvamiento del lecho acuático
- Tala de árboles
- Nivel tecnológico tradicional
- Tendencia a la atomización de la tierra.
- Producción de maíz y frijol para autoconsumo
- Inadecuados canales de comercialización.
- Ausencia de organización comunitaria efectiva.
- Altos niveles de erosión del suelo.
- Uso de la tierra con fines agrícolas en áreas con capacidad de uso diferente.
- Ausencia de prácticas de conservación de suelos.
- Propensión al uso agrícola en tierras marginales para ello.
- Actividades de pastoreo, que reducen la capacidad de regeneración natural del bosque.
- Ausencia de asistencia técnica y crediticia.
- Niveles bajos de salubridad, nutrición, educación, vivienda y en general de servicios básicos.

#### Escenarios posibles

Escenario	Proyecciones
Actual	1.1. Incremento del minifundio
	1.2. Ocupación de tierras marginales para la agricultura
	1.3. Sucesión acuática
	1.4. Vulcanismo y antropía
	1.5. Emigración de la población
Acelerado	2.1 <i>Eutroficación y desaparición de la laguna</i>
	2.2 Procesos acelerados de destrucción de los recursos naturales.
	2.3 Procesos antrópicos de degradación

- Controlado 3.1 Absorción de la población económicamente activa  
 3.2 Control de la población a nivel familiar.

#### 4. Plan de ordenación

Las zonas delimitadas con base a las condiciones biofísicas del área y del diagnóstico, corresponden a:

##### 4.1. Zona de protección:

Objetivo: Mantener el estado natural del área.

Descripción del área: Con una extensión de 134 há. se localiza en las cimas de los cerros Grande, Chiquito y Hoja de Queso. Su capacidad de uso es eminentemente forestal.

##### 4.2. Zona de uso múltiple:

Objetivo: Propiciar actividades de conservación y rehabilitación de áreas, con base en la capacidad de uso de la tierra y la factibilidad social de modificación.

Descripción del área: Posee una extensión de 376 há. De acuerdo a la intensidad de uso, ésta zona se subdivide en: 1) Continuación del uso actual, 2) Uso actual con manejo y 3) Recuperación.

#### 5. Plan de manejo

El plan de manejo se estructuró en programas y subprogramas, de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro de programas y subprogramas de manejo, microcuenca laguna Calderas.

PROGRAMA	SUBPROGRAMA
Manejo ambiental	Manejo de la laguna manejo y conservación de suelos Manejo de bosques Manejo de fauna silvestre
Desarrollo	Reordenamiento del uso de la tierra Extensión y asistencia técnica Reordenamiento económico Promoción Social
Investigaciones	-----
Operaciones	Administración

Descripción de los subprogramas:

a) Manejo de la laguna:

Objetivo: Detener la eutroficación y sucesión acuática, asegurar el aprovisionamiento de agua a la población.

Estrategias:

- Reducir la erosión con la implementación de prácticas y estructuras de conservación de suelos, prohibir el uso a nivel directo de la laguna, veda temporal en la instalación de nuevas bombas para la extracción de agua.

b) Manejo y conservación de suelos

Objetivos: Conservar el recurso suelo, rehabilitar áreas degradadas.

Estrategias:

- Reforestar áreas muy inclinadas, cortes y rellenos de caminos, establecer plantaciones forestales en los terrenos limpios, utilización de prácticas para manejo y conservación de suelos.

c) Manejo de bosques:

Objetivo: Proteger la cobertura boscosa

Estrategias:

- Vedar cualquier tipo de aprovechamiento forestal, propiciar la regeneración natural y apoyarla con actividades de reforestación, restringir el pastoreo.

d) Manejo de fauna silvestre:

Objetivo: Proteger e incrementar las poblaciones faunísticas.

Estrategias:

- Prohibir la caza o recolección de fauna, introducir especies de plantas que provean de alimentación a la fauna, prohibir el daño y alteración de habitats.

e) Reordenamiento del uso de la tierra

Objetivo: Promover el aprovechamiento de la tierra con base en su capacidad de uso.

**Estrategias**

- Con base en el mapa de capacidad de uso de la tierra y el mapa de zonificación, y zonas de manejo, definir para cada área el uso correspondiente, elaborar mapas de identificación de propiedades y recomendación del uso a que debe ser sometida.

**f) Extensión y asistencia técnica**

**Objetivo:** Crear las condiciones necesarias para la aceptación y ejecución de las actividades propuestas en el plan.

**Estrategias**

- Dar a conocer el futuro de los recursos del área de continuar el ritmo y forma de uso actual.

**g) Reordenamiento económico:**

**Objetivo:** Propiciar un mejoramiento de la estructura económica de la población asentada en la microcuenca.

**Estrategias**

- Fomentar el cooperativismo, impulsar la instalación de un mercado artesanal, propiciar la abertura de nuevos mercados y la eliminación de intermediarios, promover créditos y otros incentivos para la producción y conservación, inclusión de paquetes tecnológicos.

**h) Promoción social**

**Objetivo:** Promover un incremento en la calidad de vida de la población.

**Estrategias**

- Ampliar y fortalecer los servicios educacionales y de salud, incremento en la calidad de la alimentación, fortalecer la organización comunitaria, mejorar servicios de agua potable, deposición de excretas y aguas servidas.

**i) Investigación**

**Objetivo:** Formular estudios que permitan obtener información que apoye y retroalimente los esfuerzos de manejo del área.

**Estrategias**

- Hacer énfasis en investigaciones hidrogeotécnicas, geotécnicas, batimé-

tricas y de sucesión vegetal; promover la ejecución de un plan de manejo a nivel semidetallado.

j) Administración

Objetivo: Promover la ejecución del plan.

Estrategias:

- Promover el cumplimiento de la Ley de Consejos de Desarrollo para permitir la administración del plan, solicitar el nombramiento de un representante de la Comisión Nacional de Manejo de Cuencas para asesoría y coordinación en la ejecución del plan, elaborar planes operativos anuales, revisar y evaluar continuamente el plan.

### CONCLUSIONES

1. El desarrollo del diagnóstico del área, manifiesta la necesidad de promover acciones inmediatas para la puesta en ejecución de actividades prioritarias contenidas en el plan, a fin de garantizar en el corto y mediano plazo, la protección, conservación y rehabilitación de la microcuenca de la laguna de Calderas.
2. Los aspectos más relevantes relacionados con el deterioro ambiental de la microcuenca son: la degradación y reducción del bosque natural, el uso inapropiado de la tierra y la repercusión de dichas actividades en problemas de sedimentación, contaminación, eutroficación y tendencia a la desaparición de la laguna.
3. Las actividades a desarrollar para la puesta en operación del plan de manejo se fundamentan en el reordenamiento en el uso de la tierra, en donde cada unidad sea utilizada conforme su capacidad de uso y las necesidades de la población que tiene acceso y uso de los recursos del área.

### RECOMENDACIONES

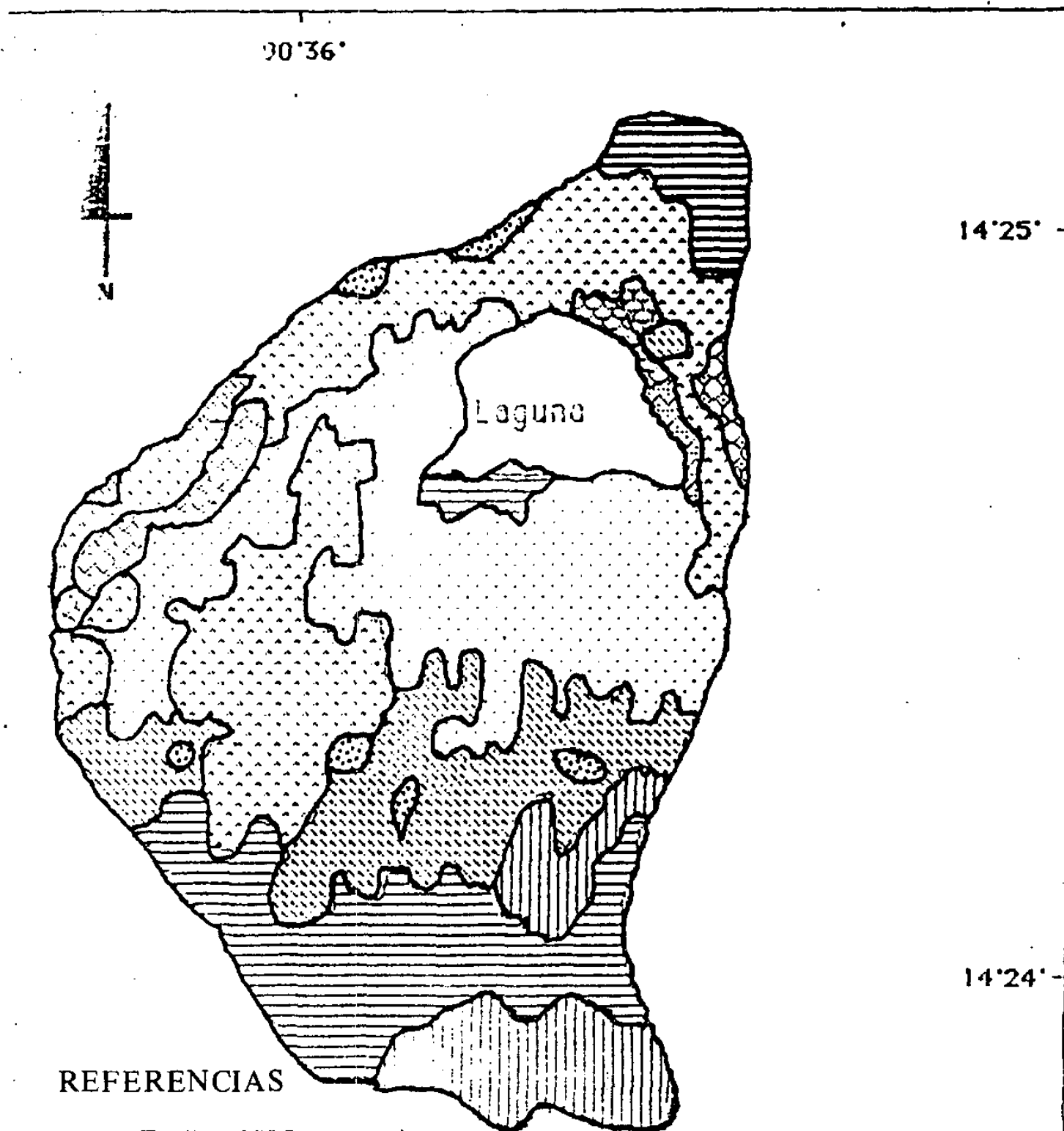
1. Es necesario que este plan sea ejecutado en el menor tiempo posible, en virtud de que solamente mediante su ejecución y actividades complementarias de supervisión, control, vigilancia y evaluación del plan, podrá determinarse la necesidad de su modificación y de la toma de medidas correctivas con el fin de replantear los objetivos y procesos de planificación en el manejo.
2. Previo al inicio de cualquier actividad, debe de promoverse y asegurarse la participación de las comunidades asentadas en el área, con el fin de hacer valideros los esfuerzos que sobre el particular se realicen.

3. La continuación de la fase de investigación a través de la realización de un estudio de manejo a nivel de semidetalle.

**CUADRO 1**  
**CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA, MICROCUENCA LAGUNA**  
**CALDERA, GUATEMALA**

Clase	Sub clase	Unidad	Extensión/has	o/o
I	s = pedregoso		61.36	12.0
II	s = "		26.4	5.2
IV	e = peligro de erosión s = pedregoso		25.12	4.9
VI	e = peligro de erosión	1 = peligro de erosion	134.24	26.3
VII	e = "	1 = "	200.38	39.2
VIII	s = pedregoso	0 = arena y grava en el sustrato	21.92	4.3
VIII	s = pedregoso w = humedad	3 = lenta o muy lenta permeabilidad	8.8	1.7
Laguna			32.48	6.4
<b>TOTALES</b>			<b>510.72</b>	<b>100.0</b>

FIGURA 1  
USO ACTUAL Y COBERTURA, MICROCUENCA LAGUNA CALDERAS  
GUATEMALA

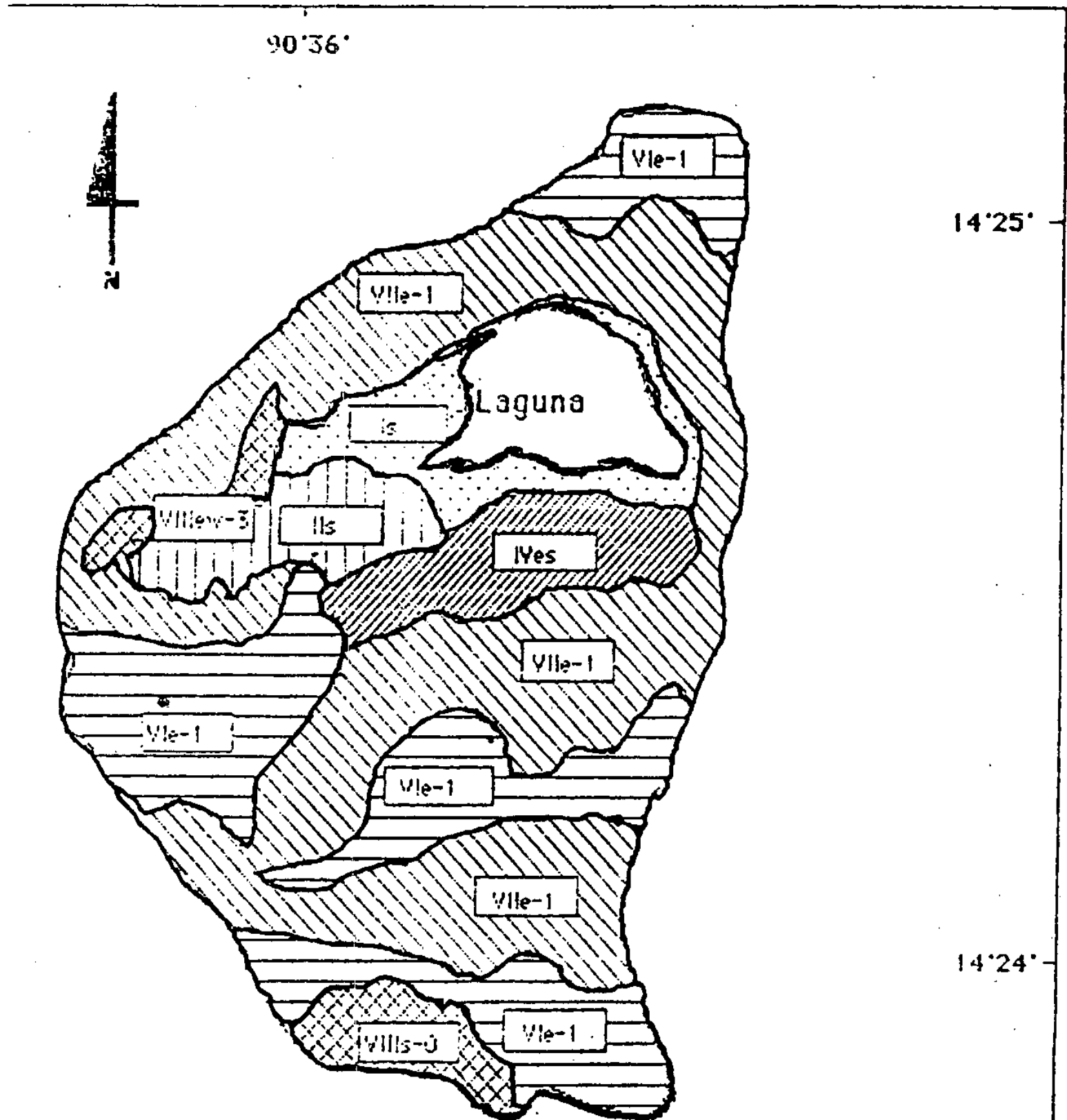


REFERENCIAS

	EXTENSION	o/o
CAFE	129.28 ha.	25.34
PASTOS	118.56	23.21
MAIZ	85.92	16.83
BOSQUE	81.92	16.04
MATORRALES	38.24	7.49
LAGUNA	32.48	6.36
FUMAROLAS	8.80	1.72
VIVIENDA	4.16	0.81
HIGUERILLO	3.84	0.75
CIPRES	3.84	0.75
HORTALIZAS	2.08	0.42
AGUACATE	1.60	0.31
<b>TOTALES</b>	<b>510.72</b>	<b>100</b>

0 0.1 0.2 0.3 0.4  
kms

FIGURA 2  
CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA MICROCUENCA LAGUNA  
CALDERA GUATEMALA



REFERENCIAS

Clase	Extensión	o/o
Is	61.28 ha	12.00
IIs	26.40	5.17
IVes	25.12	4.92
Vle-1	134.44	26.32
VIIe-1	200.28	39.21
VIIIs-0	21.92	4.29
VIIIew-3	8.80	1.72
Laguna	32.48	6.37
Totales	510.72	100.00

0 0.1 0.2 0.3 0.4 kms

**BIBLIOGRAFIA**

1. CONTRERAS MANFREDI, H. s.f. Impacto social de los impactos ambientales. Costa Rica, CATIE. 6 p.
2. ESTADOS UNIDOS. AGRICULTURAL RESERACH SERVICE. 1975. Soil taxonomy, a basic system of soil classification for making and interpreting soil survey. Estados Unidos de América, USDA. Handbook No. 436. 754 p.
3. FERREIRO, O.E. 1984. Metodología para la planificación del manejo de cuencas hidrográficas y su aplicación a la cuenca del Río Tuis, Costa Rica. Tesis Mag. Sc Turrialba, C.R./CATIE. 489 p.
4. GOMEZ OREA, D. 1987. El medio físico y la planificación. Madrid, España, Centro Internacional de Formación de Ciencias Ambientales, 163 p.
5. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. 1972. Atlas Nacional. Guatemala. 52 p.
6. ——— INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 1983. Mapas de zonas de vida a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Esc. 1:250,000. Color.
7. LUCKE, O. 1986. Consideraciones básicas sobre aplicación de metodologías de análisis en la planificación de uso de la tierra y la toma de decisiones. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 34 p.
8. PEREIRA RODAS, L.F. 1986. Caracterización preliminar de la cuenca de la laguna de Calderas, Guatemala. Investigación Inferencial EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 140 p.
9. SIMMONS, Ch.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.