

125  
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE CIENCIAS

DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO DE LA COMUNIDAD DE  
SAN FELIPE USILA, OAXACA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
B I Ó L O G O

PRESENTA:

FRANCISCO JAVIER MÚGICA AMAYA

000 205686

México, D.F.



Junio 1994



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

CIUDAD UNIVERSITARIA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
División de Estudios  
Profesionales

Exp. Núm. 55

M. EN C. JOAQUIN CIFUENTES BLANCO  
Jefe de la División de Estudios Profesionales  
Universidad Nacional Autónoma de México  
P r e s e n t e

Por medio de la presente, nos permitimos informar a Usted, que habiendo revisado el trabajo de tesis que realiz o el pasante Francisco Javier Múgica Amaya con el título: "Diagnóstico Ecológico de la Comunidad de San Felipe Usila, Oaxaca".

Consideramos que reúne los méritos necesarios para obtener el título de Biólogo.

Comunicamos lo anterior para los fines a que haya lugar.

A t e n t a m e n t e  
México, D. F., a

- |     |               |                                   |       |
|-----|---------------|-----------------------------------|-------|
| 1.- | Dr.           | Jorge Arturo Meave del Castillo   | _____ |
|     | grado         | Nombre (s) Apellidos completos    | _____ |
| 2.- | M. en C.      | María Julia Carabias Lillo        | _____ |
|     | grado         | Nombre (s) Apellidos completos    | _____ |
| 3.- | Biol.         | Carlos Toledo Manzur              | _____ |
|     | grado         | Nombre (s) Apellidos completos    | _____ |
| 4.- | Sup. M. en C. | Rosalva Ma. Antonieta Landa Ordaz | _____ |
|     | grado         | Nombre (s) Apellidos completos    | _____ |
| 5.- | Sup. Dr.      | Miguel Martínez Ramos             | _____ |
|     | grado         | Nombre (s) Apellidos completos    | _____ |

\_\_\_\_\_  
Rosalia Carabias Lillo  
C. Toledo Manzur  
Rosalva Ma. Antonieta Landa Ordaz  
Miguel Martínez Ramos

NOTA: El interesado deberá ponerse de acuerdo con el jurado para fijar fecha (día y hora) del examen, para evitar problemas de asistencia. ES IMPOR-  
TANTE LA PUNTUALIDAD.



*Para Toña, Emiliano y Julia*

## INDICE

Agradecimientos	i
Presentación	iii
Resumen	iv
1. Introducción	1
2. Aproximaciones utilizadas en el diagnóstico ecológico	10
2.1. Levantamiento de tipo inventario	10
2.2. Levantamientos sintéticos	13
2.2.1. Levantamiento fisiográfico	13
2.2.2. Levantamiento geomorfológico	15
2.2.3. Levantamiento morfoedafológico	16
3. Objetivos e Hipótesis	20
3.1 Objetivo	20
3.2 Hipótesis	20
4. Características generales de la zona de estudio	21
4.1. Localización	21
4.2 Contexto regional	21
4.2.1. Características ambientales	21
4.2.2. Características históricas, culturales y económicas	25
4.2.3. Problemática de los recursos naturales	27
5. Metodología	29
5.1. Definición de las unidades ambientales	30
5.1.1. Levantamiento de la información cartográfica	30
5.1.2. Definición de las unidades ambientales	31
5.2. Determinación de la capacidad de las unidades ambientales para sostener cultivos	32
5.2.1 Caracterización de las actividades primarias	32
5.2.2. Definición de la capacidad agrícola de las unidades ambientales	32
5.3. Evaluación de las unidades ambientales	33
5.4 Flujograma metodológico	33
5.5. Escala de trabajo y resolución espacial	35
5.6. Procesamiento de la información	35
5.7. Fuentes de Información	36
5.8. Delimitación de la zona de estudio	36

6. Resultados	37
6.1. Caracterización del medio físico	37
6.1.1. Fisiografía	37
6.1.2. Hidrología	40
6.1.3. Geología	40
6.1.4. Unidades del terreno	42
6.1.5. Suelos	48
6.1.6. Clima	53
6.1.7. Vegetación	56
6.2. Definición de las unidades ambientales	61
6.2.1. Unidades geomorfológicas	61
6.2.2. Zonas térmicas	63
6.2.3. Unidades ambientales	65
6.3. Clasificación de las unidades ambientales	70
6.3.1. Caracterización de los sistemas agrícolas	70
6.3.2. Clasificación de las unidades ambientales	81
6.4. Uso actual del suelo en las unidades ambientales	93
6.5. Evaluación del uso actual del suelo	98
9. Discusión	100
Literatura citada	107

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Clasificación de las formas del relieve terrestre	3
Cuadro 2	Sistemas de clasificación de la superficie terrestre	19
Cuadro 3	Población de la Comunidad de Usila, Oax.	21
Cuadro 4	Litología superficial de Usila, Oax.	42
Cuadro 5	Unidades de terreno en Usila, Oax.	46
Cuadro 6	Características generales de las unidades de terreno en Usila, Oax.	46
Cuadro 7	Características generales de los suelos de Usila, Oax.	49
Cuadro 9	Tipos de vegetación y uso del suelo en Usila, Oax.	58
Cuadro 10	Unidades geomorfológicas en Usila, Oax.	62
Cuadro 11	Clasificación del territorio de Usila, Oax. por zona térmica	65
Cuadro 12	Clasificación de las unidades de terreno por litología y zona térmica	66
Cuadro 13	Características generales de los sistemas de producción agrícola en Usila, Oax.	82
Cuadro 14	Clasificación de las unidades ambientales de Usila, Oax. de acuerdo a su potencialidad agrícola	83
Cuadro 15	Participación relativa y superficie de los usos del suelo propuestos por unidad ambiental en Usila, Oax.	85

Cuadro 16 Evaluación del uso actual del suelo de acuerdo con su capacidad de uso agrícola en Usila, Oax.	93
Cuadro 17 Evaluación del uso actual del suelo total y por zona térmica en Usila, Oax.	98

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Localización de la Comunidad de San Felipe Usila, Oax.	22
Figura 2	Límites de los terrenos comunales de San Felipe Usila y pueblos anexos	24
Figura 3	Flujograma metodológico del diagnóstico ecológico de San Felipe Usila	34
Figura 4	Modelo digital de terreno de Usila, Oax.	39
Figura 5	Climograma de la estación Usila, Oax.	54
Figura 6	Participación relativa de las unidades ambientales en la zona cálida de Usila, Oax.	67
Figura 7	Participación realtiva de las unidades ambientales en la zona semicálida de Usila, Oax.	68
Figura 8	Participación relativa de las unidades ambientales en la zona templada de Usila, Oax.	69
Figura 9	Unidades ambientales propuestas para uso de r-t-q en Usila, Oax.	86
Figura 10	Unidades ambientales propuestas para uso de plantación en Usila, Oax.	87
Figura 11	Unidades ambientales sin capacidad de uso agrícola en Usila, Oax.	89
Figura 12	Evaluación del uso actual del suelo vs uso propuesto en Usila, Oax.	95
Figura 13	Evaluación del uso actual del suelo vs uso propuesto en Usila, Oax. Zona Cálida	95

Figura 14	Evaluación del uso actual del suelo vs uso propuesto en Usila, Oax. Zona semi-cálida	96
Figura 15	Evaluación del uso actual del suelo vs uso propuesto en Usila, Oax. Zona templada	97
Figura 16	Evaluación del uso actual del suelo por zona térmica y superficie total en Usila, Oax.	99

## INDICE DE MAPAS

Mapa 1	Hipsometría	38
Mapa 2	Litología	43
Mapa 3	Unidades de terreno	47
Mapa 4	Temperatura media anual	55
Mapa 5	Precipitación media anual	57
Mapa 6	Vegetación y uso del suelo	59
Mapa 7	Zonas térmicas	64
Mapa 8	Capacidad agrícola de las unidades ambientales en zona cálida	90
Mapa 9	Capacidad agrícola de las unidades ambientales en zona semicálida	91
Mapa 10	Capacidad agrícola de las unidades ambientales en zona templada	92



## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más amplio reconocimiento y gratitud a las siguientes personas, sin cuya asesoría y apoyo no hubiera sido posible esta tesis.

El Dr. Jorge Meave del Castillo asesoró esta tesis. Sus ideas, observaciones y, la revisión del manuscrito resultaron muy valiosas y guiaron una gran parte de la investigación.

La M.C. Julia Carabias Lillo, cuyo estímulo, ideas y apoyo constante fueron definitivos para la realización de esta investigación.

Al jurado dictaminador quiero agradecer no solamente su excelente y minuciosa revisión, sino también el que se hayan tomado la molestia de haber hecho este trabajo en poco tiempo. Así el Biol. Carlos Toledo Manzur, la M.C. Rosalva Landa Ordaz y el Dr. Miguel Martínez-Ramos realizaron sugerencias y comentarios en extremo útiles para la terminación de esta tesis.

A los compañeros del Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales, en especial a los Geólogos Graciela Estrada R. y Germán Urbán Lamadrid por brindarme sin reservas todos sus conocimientos acerca de la geología y geomorfología de Usila; al Ing. Hans van der Wal por todo lo que aprendí de él acerca de los suelos y de los sistemas de producción de Usila; al Biol. Jorge López Paniagua por su apoyo constante y sus enseñanzas del sistema de información geográfico; al Biol. Giberto Hernández R. por su incansable asesoría para el manejo del ILWIS, a la Biol. Marianita Hernández por su amistad y por su estímulo constante para que fuera posible esta tesis y, a Lydia Martínez Madrid por su apoyo y comentarios que fueron muy valiosos para conformar la investigación.

En especial quiero reconocer infinitamente la ayuda brindada por los compañeros de la Asociación Agrícola Local de San Felipe Usila, sin cuya hospitalidad no hubiera sido posible este trabajo, en especial a los compañeros Senobio Mendoza Medinilla, Javier Santos Osorio y Gabriel de Jesús José. Al Ing. Refugio Medinilla Ruíz mi agradecimiento por las muchas veces que comentamos los problemas del ordenamiento de Usila y las alternativas posibles.

Quisiera agradecer especialmente a dos personas que fueron compañeros insustituibles en el trabajo de campo: el Colector Ismael Calzada y el Ing. Manuel Vargas Domínguez, de Ismael mi reconocimiento por su gran conocimiento de plantas y su ayuda y de Manuel mi agradecimiento por su compañía y su interés en la realización de esta investigación.

Finalmente, quiero agradecer la revisión final del manuscrito que realizó mi esposa Ma. Antonieta Gallart Nocetti, quién ocupó gran parte de su tiempo en la corrección para lograr el documento final.

*Oí que unos árboles  
 de antigüedad espléndida dijeron  
 "¿Y Tú, que haces aquí?  
 Nosotros somos sigilosamente analfabetos  
 aprende a leer  
 para escribir sobre nosotros"  
 Esto fue todo  
 lo que pude aprehender. Era un idioma  
 hecho del viento y hojas secas.  
 Carlos Pellicer*

## PRESENTACIÓN

El presente trabajo forma parte de los estudios que realiza el Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales (PAIR) de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México en la región de Tuxtepec y en especial en el Municipio de Usila, en Oaxaca. La finalidad de estos estudios es diseñar programas de desarrollo en áreas campesinas de subsistencia, que contemplen los aspectos ambientales y socioeconómicos para mejorar las condiciones de vida de la población rural que habita estas áreas y mantener la base natural de su sustentación productiva.

La primera fase del trabajo desarrollado por el PAIR fue el de realizar un diagnóstico ecológico preliminar de la región de Tuxtepec, para, posteriormente, realizar diagnósticos con mucho más detalle de aquellas zonas que se identificaron en el prediagnóstico con posibilidades de desarrollar programas y proyectos ecológica y socialmente viables. Una de las zonas que se identificaron fue precisamente el Municipio de Usila y en particular la comunidad de San Felipe Usila, la cual presenta características ambientales y sociales favorables para trabajar en torno a los propósitos generales del PAIR.

La comunidad de Usila posee una gran riqueza de recursos naturales; se trata de una zona trópico húmeda con grandes extensiones de selva alta y abundancia de ríos. No obstante, al igual que otras zonas tropicales del país, esta riqueza se

encuentra amenazada y es urgente proponer acciones que eviten la pérdida de estos recursos. Afortunadamente, los campesinos de San Felipe Usila son indígenas chinantecos que conservan una vasta cultura milenaria, que los hace estar conscientes y con gran disposición para trabajar en torno a la conservación y aprovechamiento racional de sus recursos naturales. Sin embargo, para ello es necesario contar con una información básica sobre el territorio de Usila, que de cuenta del estado actual del suelo, la vegetación, el agua, la fauna y otros elementos.

Este trabajo aborda algunos aspectos del diagnóstico, sobre todo lo que se refiere al medio físico. No obstante, constituye un primer paso hacia el conocimiento de los recursos naturales y pretende servir de base para ordenar el futuro crecimiento de las actividades productivas primarias de la comunidad.

## RESUMEN

El presente trabajo se enmarca dentro de los estudios de levantamiento de información del medio físico que apoyan las actividades de planeación y ordenamiento ecológico. El estudio fue llevado a cabo en la Comunidad de San Felipe Usila al noreste del Estado de Oaxaca, México. Se trata de una zona campesina indígena. Los objetivos fueron:

- a). Caracterizar el medio físico y definir las unidades ambientales de acuerdo a su capacidad agrícola.
- b). Elaborar recomendaciones de uso del suelo.
- c). Realizar una evaluación del uso actual de suelo.

Para tal efecto, se realizó un estudio cartográfico de los principales factores ambientales, tales como: la fisiografía, la litología y el clima. Con el apoyo del sistema de información geográfica ILWIS, se digitalizó y se procesó la información cartográfica, obteniéndose una carta de unidades ambientales. En función de los requerimientos agroecológicos de los principales sistemas de producción empleados en Usila, como son: el sistema de roza-tumba-quema; el sistema de plantación y, el sistema de agricultura de humedad, se determinó la capacidad agrícola que presentan las unidades ambientales, con énfasis en los cultivos de vainilla, café y cacao. Finalmente, a partir de las capacidades definidas se evaluó el uso actual del suelo. Para ello, se sobrepuso la carta de uso actual sobre la carta de capacidades agrícolas de las unidades ambientales.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: se identificaron tres zonas térmicas, denominadas: cálida, semicálida y templada. A partir de la litología, la forma del terreno y la temperatura media anual, para cada zona se identificaron las unidades ambientales, encontrándose en total 37 tipos diferentes. La unidad ambiental

más importante, desde el punto de vista de superficie fue la ladera moderada con litología de calizas. la cual ocupa el 20% de la superficie total; la unidad ambiental que le sigue en importancia es el valle aluvial, con el 13% del total.

Se identificaron 4603 ha con capacidad para sostener el sistema de r-t-q; 6540 ha con capacidad para realizar cultivos de plantación; 2110 ha para practicar la agricultura de humedad y, 3033 ha sin capacidad para sostener ningún tipo de agricultura.

La comparación del uso actual del suelo con el uso propuesto mostró que solamente el 15% de la superficie con capacidad para practicar la roza-tumba-quema está siendo sometida a este uso. De la misma forma, sólo el 33% de la superficie con capacidad para sostener cultivos de plantación está siendo sometida a este uso. En cuanto a la agricultura de humedad, sólo el 38% de la superficie presenta este tipo de agricultura.

Con base en estos resultados se evaluó el uso actual del suelo obteniéndose lo siguiente: en la zona cálida el 34% de la superficie mantiene un uso adecuado del suelo, el 42% presenta usos inadecuados y 24% conserva la cobertura vegetal sin perturbación. En la zona semicálida, el 24% de la superficie presenta un uso adecuado del suelo, en tanto que el 28%, presenta usos inadecuados y el 48% conserva la cobertura vegetal sin perturbación. Por último, en la zona templada el 5% de la superficie presenta usos adecuados, en tanto que el 6% presenta usos inadecuados y el 89% conserva la vegetación sin perturbación.

En total, el 23% de la superficie de la comunidad de Usila está sometida a usos del suelo adecuados, el 27% de la superficie presenta usos inadecuados y el 50% mantiene la cobertura vegetal sin perturbar.

## 1. INTRODUCCIÓN

En un sentido amplio el diagnóstico ecológico consiste en hacer un reconocimiento del paisaje. Sin embargo, el término "diagnóstico ecológico" no cuenta con una definición precisa de uso común en las ciencias naturales; más bien el concepto se ha utilizado en problemas de evaluación de los recursos naturales o para la planificación del desarrollo económico regional y nacional.

En este trabajo el "diagnóstico ecológico" se entiende como el levantamiento de la información necesaria para conocer el estado actual de los recursos naturales (agua, suelos, vegetación, aire) de una región determinada.

El diagnóstico ecológico parte del concepto de "paisaje" el cual se entiende como una entidad visual y espacial del espacio vivo humano (Naveh y Lieberman, 1984). Para el estudio de este nivel de abstracción es posible conjuntar la ecología con la geografía, en donde la dinámica de los ecosistemas está estrechamente relacionada con las características físicas y espaciales del medio que los sostiene (Tricart y Kilian, 1982).

El común denominador de los diferentes enfoques para el estudio y diagnóstico de los paisajes, ha sido el de identificar y caracterizar sus diversos tipos a fin de conocer la manera en la cual los factores bióticos y abióticos modelan una determinada porción del espacio terrestre. Se trata de conjuntar la investigación realizada por las ciencias de la tierra con la investigación ecológica, con la finalidad de evaluar los atributos del medio ambiente, tales como el relieve, la geología, los suelos, la vegetación, la hidrología, etc., que tienen interés para las actividades humanas.

Recientemente se ha revalorado la concepción original de Tansley del ecosistema (Tansley, 1935), la cual establece que la



distribución de especies y su ensamblaje están fuertemente influidos por el ambiente asociado, por lo que la comunidad biótica constituye una unidad integral junto con su ambiente físico. Muchos ecólogos reconocen que los ecosistemas son entidades reales y mensurables, en los cuales los procesos naturales (flujos de energía, interacción entre las especies, geodinámica, regeneración, etc.), ocurren a diferentes escalas espacio-temporales (Maas y Martínez-Yrizar, 1990)

El conocimiento detallado de la superficie terrestre ha sido una de las actividades humanas más importantes para el desarrollo de las civilizaciones. Después de la Segunda Guerra Mundial, la utilización de la fotografía aérea revolucionó las metodologías hasta entonces empleadas en el levantamiento terrestre, desarrollándose nuevos métodos cartográficos con mapas de diversos tipos, principalmente del relieve y de la cobertura vegetal (Guerra, 1980).

Para el conocimiento de la superficie terrestre ha sido muy importante el desarrollo de las ciencias de la tierra, y en especial la geomorfología. En la segunda mitad de este siglo, ésta ha tenido un fuerte impulso a partir de los trabajos de los geomorfólogos rusos y franceses, quienes rechazaron las ideas prevalecientes de la geomorfología norteamericana de principios de siglo que consideraba la evolución del relieve como producto de etapas sucesivas de erosión (Tricart y Kilian, 1982). Actualmente la geomorfología parte de una concepción dinámica entre procesos tectónicos creadores y erosivos, con procesos acumulativos niveladores (Lugo, 1986). Para la geomorfología moderna, las formas del relieve son consecuencia de las condiciones climáticas actuales y antiguas, de la cubierta vegetal y de los procesos existentes como la erosión o la tectónica (Tricart, 1981).

La incorporación del enfoque geomorfológico en los trabajos de levantamiento de la superficie terrestre ha permitido tener una



visión más integral del paisaje y, sobre todo, de los patrones espaciales del relieve. Con esta base, ha sido posible una clasificación del paisaje que relaciona las distintas escalas de representación cartográfica con los niveles de aproximación necesarios para el estudio de las unidades básicas del paisaje. Lugo, 1988, clasifica la formas del relieve terrestre de la siguiente forma (Cuadro 1):

magnitud	superficie	alturas	ejemplos	escalas
1	millones de km <sup>2</sup>	<20,000 m	continentes cuencas oceánicas	1:50,000,00
2	miles de km <sup>2</sup>	<11,000 m	altiplanos depressiones oceánicas	1:1,000,000
3	cientos de km <sup>2</sup>	>200 m <2,000 m	montañas cuencas	1:100,000
4	miles de m <sup>2</sup>	>200 m <300 m	colinas terrazas	1:50,000
5	cientos de m <sup>2</sup>	<200 m	bancos dolinas	1:25,000
6	metros	>2 m	cárcavas	1:5,000

Cuadro 1 Clasificación de las formas del relieve terrestre (tomado de Lugo 1988).

Las imágenes de satélite permiten observar la superficie terrestre a escalas pequeñas, es decir superficies de segunda o tercera magnitud; en cambio, las fotografías aéreas sólo permiten una observación a escalas medias y grandes, es decir, cuarta, quinta o sexta magnitud. Esto es muy importante, ya que hasta antes del lanzamiento de los satélites LANDSAT, la metodología comúnmente empleada era la interpretación de fotografías aéreas. Actualmente, con las imágenes de satélite es posible tener una visión sincrónica de vastas regiones, es decir, podemos conocer al mismo tiempo lo que ocurre en grandes superficies. lo que es imposible obtener de la fotografía aérea (Tricart, 1981).

En la década de los ochenta surgieron los sistemas

automatizados de información conocidos como sistemas de información geográfica (SIG), los cuales son una herramienta muy poderosa para los estudios de diagnóstico. Los SIG permiten manipular y almacenar gran cantidad de datos, facilitando el análisis, clasificación y evaluación de los atributos de la superficie terrestre con mucho mayor precisión y velocidad (Aronoff, 1989).

El surgimiento de los sistemas de información geográfica ha permitido automatizar y georreferenciar gran cantidad de información de diferentes fuentes: mapas, fotos aéreas, imágenes de satélite e incluso tomas de video, y obtener nuevos mapas e información clasificada de diferentes aspectos del paisaje (Aronoff, 1989). La ventaja de los SIG estriba en la facilidad de manejar los distintos tipos de datos en capas de información, lo cual es de gran ayuda para la planeación del uso del suelo, y para el desarrollo regional y local de la superficie terrestre (Burrough, 1986).

Actualmente, el levantamiento de información de la superficie terrestre no es concebible sin el apoyo del SIG; la interpretación de las imágenes de satélite se puede realizar con mucho mayor grado de confiabilidad y prácticamente se puede analizar cualquier aspecto del terreno y obtener mapas temáticos y sintéticos de aspectos particulares o generales (Bocco y Valenzuela, 1988).

Los levantamientos de información de la superficie terrestre se han utilizado como archivos de información para diferentes propósitos, principalmente para la planeación del uso de los recursos naturales.

La planeación del uso de los recursos naturales que se realiza en la mayor parte de los países se ha basado en la determinación del potencial de los terrenos en función de su posible uso agrícola, ganadero, forestal o urbano. El uso potencial, tal como se le

considera en la planeación, consiste en determinar, bajo el punto de vista exclusivamente humano, las capacidades de uso de los terrenos, y las formas de explotarlos sin riesgo de degradación. El conocimiento de las capacidades de uso de los terrenos se basa en el levantamiento de información, comunmente en forma de inventario de recursos. Con esta información se determinan las posibilidades de uso de la tierra, así como sus restricciones. La identificación de zonas de peligro del medio en donde el uso del suelo podría causar daños o destrucción de la tierra recibe especial atención (Marsh, 1991).

No obstante, este concepto de uso potencial ha sido objeto de fuertes críticas, en virtud de que solamente considera a la tecnología "moderna" como la única posible. En México la evaluación de los terrenos para determinar su "potencialidad" está basada en el sistema estadounidense de clasificación de las capacidades de uso (Klingebiel y Montgomery, 1961). El mejor ejemplo de ello es la Carta de Uso Potencial realizada por la entonces Dirección General del Territorio Nacional (DETENAL, 1979). Esta metodología valora los factores abióticos, tales como el clima, el grado de erosión, la topografía y el suelo. dentro de un cierto intervalo, determinado por el empleo de la tecnología mecanizada, Por ejemplo; en el caso del clima, las clases de terrenos con capacidad de uso agrícola la precipitación debe exceder por lo menos los 400 mm anuales. En el caso de la topografía el intervalo de la pendiente considerada dentro de las clases propicias para la agricultura va de 0 a 15%. En el caso del suelo, el intervalo de profundidad efectiva de éste y de profundidad del manto freático considerados adecuados para usos agrícolas van desde >100 cm hasta 35 cm de profundidad, y el porcentaje de pedregosidad no debe ser superior al 35% (Colegio de Postgraduados, 1977).

El concepto de uso potencial descrito, ordena a los terrenos desde una perspectiva de agricultura tecnificada y contempla la

evaluación como un medio para determinar las posibilidades de establecer un solo modelo de utilización: la agricultura comercial tecnológicamente avanzada y típica de los países de climas templados. En México, este sistema ha sido poco útil en la definición de las capacidades de uso, ya que las condiciones tecnológicas y culturales de la mayoría de las predios rurales presentan una lógica de producción distinta de las necesidades del mercado, de tal manera que muchas zonas de montaña se consideran improductivas a pesar de que las actividades agrícolas son preponderantes en el uso del suelo (Duch, 1980).

Esta realidad ha sido señalada por diversos autores, principalmente por E. Hernández X., quién enfatizó que la agricultura es una actividad basada en los conocimientos empíricos y en la destreza del agricultor con antecedentes milenarios de acumulación de información agrícola, y ésta se desarrolla en una amplia diversidad ecológica por numerosas culturas, con una fuerte desigualdad en los beneficios derivados de los recursos y del trabajo (Hernández X. y Ramos, 1977). Con base en esta concepción se han realizado numerosos trabajos en torno a la determinación de las potencialidades del recurso tierra en función de las características tecnológicas empleadas por los campesinos de subsistencia (Muench, 1980; Duch, 1980; Arias, 1980; Vara, 1980, Ortiz Solorio, 1987 y Ojeda, Ortiz y Pájaro, 1987). Sin embargo, en México estas aproximaciones no han traspasado el ámbito de estudios de caso a pesar de que se ha generado una cartografía útil para los fines de planeación. A nivel mundial los trabajos realizados por la FAO (1981) en torno a una zonificación agroecológica de cultivos son un buen ejemplo de la utilidad que tiene la cartografía generada con este enfoque.

Por otra parte, en los últimos 10 años el interés de los gobiernos en el medio ambiente se ha incrementado enormemente, de tal manera que la planeación del uso de los recursos naturales ha superado la visión del uso exclusivamente humano en donde la

conservación de los recursos naturales se ha convertido en una necesidad prioritaria, e incluso la variable ambiental ha tenido que incorporarse a las tareas de planeación económica. En México, las primeras medidas administrativas de carácter preventivo que se emplearon para proteger el medio ambiente fueron las denominadas evaluaciones de impacto ambiental (Carabias, 1989). Sin embargo, la necesidad de poseer lineamientos generales de carácter regional y territorial que sirvieran de marco normativo y complemento de las normas técnicas empleadas para evitar problemas de contaminación y manejo de recursos bióticos ha originado un nuevo concepto: el de "ordenamiento ecológico del territorio" (SEDUE, 1988). Este concepto se define como un proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en el territorio nacional para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y para proteger el ambiente. La instrumentación de este concepto de ordenamiento se desarrolló a partir de los lineamientos contenidos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente, la cual establece la obligación de elaborar los proyectos de ordenamiento ecológico del territorio, en los que se determinan usos específicos del suelo y normas para un aprovechamiento racional y sostenido de los recursos naturales (Diario Oficial de la Federación, 1988).

La metodología propuesta para elaborar un proyecto de ordenamiento ecológico del territorio incluye como producto final la elaboración de un mapa en el cual se especifiquen los usos del suelo, acompañados de una matriz de datos que indique los lineamientos y criterios de regulación para el aprovechamiento de los recursos naturales (SEDUE, 1993).

Los proyectos de ordenamiento ecológico del territorio consisten en una recopilación de la información existente y en un reconocimiento aéreo de los principales rasgos del paisaje. El manejo de esta información varía mucho, dependiendo del grado de fineza de los levantamientos, pero en general se trata de un

inventario de recursos. La fase de diagnóstico es mucho más complicada desde el punto de vista metodológico, toda vez que la metodología propuesta es muy imprecisa; el objetivo es evaluar la aptitud y el deterioro del área sujeta a ordenamiento. La aptitud implica conocer el uso potencial del área y determinar los factores limitantes. Los métodos de evaluación pueden ser desde una simple apreciación subjetiva de las condiciones ambientales, hasta la formulación de índices de aptitud. Por ejemplo, el programa de ordenamiento ecológico para el desarrollo turístico y urbano de Los Cabos, B.C.S. (SEDESOL, 1990), utilizó una matriz de presencia y ausencia de estados favorables y desfavorables para cada variable ambiental. Los resultados se analizaron mediante una clasificación numérica utilizando el método de componentes principales. El resultado fue un mapa de aptitud de uso del suelo que muestra los grupos encontrados en el análisis.

Resumiendo, el diagnóstico ecológico es un concepto útil para la planeación de los recursos naturales el cual se ha enriquecido enormemente con los sistemas de información geográfica. Sin embargo, la planeación de los recursos naturales no ha incorporado plenamente esta metodología. En el caso de los proyectos de ordenamiento ecológico del territorio sigue prevaleciendo la idea del inventario de recursos y en el mejor de los casos, cada uno de los factores abióticos y bióticos que determinan las características de un recurso en particular, son estudiados en función de su aptitud frente a cada tipo de utilización posible. Los principales problemas siguen siendo, tanto la integración de los estudios de inventario, como la definición de las "aptitudes" posibles tomando en cuenta las características culturales y tecnológicas de los grupos humanos que intervienen en su aprovechamiento.

Una metodología adecuada para un ordenamiento del medio natural debe considerar en primer lugar las relaciones entre el grupo humano y el medio ecológico en el que vive y, en segundo



lugar debe una caracterización integral del medio. Para ello, es muy importante reconocer el sistema de valorización que presentan los grupos humanos en relación con las propiedades del medio. De esta manera es posible comprender por qué algunos recursos, que bajo otra perspectiva económica podrían ser inútiles, para algún grupo social, dadas las características tecnológicas que posee, pueden parecer adecuados. Además, las alternativas de explotación de los recursos naturales deben estar adaptadas a la naturaleza particular de los principales problemas detectados en la utilización del recurso; de esta manera el ordenamiento podrá descansar en las consideraciones de las limitaciones técnicas y financieras.

El problema de la planeación y del ordenamiento ecológico del territorio sigue estando sujeto a un intenso debate, y de ninguna manera puede decirse que existe una metodología acabada y aplicable a cualquier condición.

El presente trabajo trata de aportar algunos elementos metodológicos para ayudar a comprender la problemática ambiental. Para ello, se eligió a la comunidad de San Felipe Usila en la sierra norte del Estado de Oaxaca; se trata de una comunidad indígena enclavada en una zona trópico húmeda del sureste de México. La investigación se inició en el año de 1990 con el propósito de constituir una base de información ambiental para el ordenamiento ecológico territorial de las actividades productivas primarias tales como: el cultivo de maíz, de frijol, de chile, vainilla y cacao.

Este trabajo forma parte de los estudios que realiza en Oaxaca el Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias de La UNAM.

## 2. APROXIMACIONES UTILIZADAS EN EL DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO

De acuerdo con el método las principales aproximaciones utilizadas para el diagnóstico ecológico se pueden clasificar en dos grandes grupos: las que tienen como base la elaboración de un inventario de recursos y las que tienen como base la identificación de una unidad ecológicamente indisoluble o levantamientos sintéticos.

### 2.1. Levantamiento de tipo inventario

Esta aproximación tiene su origen a partir de la ecología del paisaje. Este término fue introducido por A. Von Humboldt en el siglo XIX quién lo definió como el total de los caracteres de una región terrestre. En 1939 Troll en Alemania, acuñó la palabra "ecología del paisaje" (Naveh y Lieberman, 1984). Existen varias definiciones de ecología del paisaje y entre las más importantes están las siguientes: Dansereau (1957) considera al paisaje "como el nivel más alto de integración de los procesos del medio ambiente, incluidas las actividades humanas"; Langer (citado por Naveh y Liebermann, 1984), define a la ecología del paisaje como "el estudio de las funciones internas, organización espacial y relaciones mutuas de los sistemas del paisaje"; Vink (1975), define a la ecología del paisaje como "el estudio de los atributos de la tierra, en especial aquellos que son clave para el hombre"; por último, Naveh y Lieberman (1984), definen a la ecología del paisaje como "la ciencia que integra a distintas disciplinas para el estudio de los objetos y de los procesos que ocurren en el uso presente y futuro de la tierra".

La noción de paisaje se basa en la asociación de caracteres fisonómicamente homogéneos en donde el componente más conspicuo es la vegetación, la cual responde a condiciones topográficas y climáticas homogéneas. Las unidades de vegetación características se denominan unidades zonales: cuando la formación vegetal no responde al patrón climático y topográfico



debido a fenómenos locales, las unidades son conocidas como azonales (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

Para la ecología del paisaje una unidad es considerada no sólo desde el punto de vista fisonómico sino también desde el funcional, en donde la interacción de los elementos que la forman hacen del paisaje una unidad indisociable (Bertrand 1970, citado por Tricart y Kilian, 1982). Una unidad de paisaje podría equipararse al ecosistema en cuanto a la estructura física y las relaciones de suelo, agua, nutrientes y energía. La taxonomía empleada para la determinación de las jerarquías de las diferentes unidades parten de consideraciones ecológicas. Por ejemplo; la unidad básica podría ser una biocenosis característica, seguida de una geofacie determinada por una formación vegetal y por último un geosistema, el cual abarcaría las geofacies ubicadas en un piso climático homogéneo litológica y topográficamente (Bertrand, 1970, citado por Tricart y Kilian, 1982).

Los principios de la ecología del paisaje se han utilizado para aplicaciones prácticas en la planeación y el desarrollo. Las metodologías empleadas parten de la identificación de los diferentes capacidades de uso a través de la realización de un inventario de recursos (suelos, vegetación, geología, patrones de uso del suelo) y de una evaluación del uso actual y potencial, frecuentemente realizada a través de la sobreposición de capas de información identificadas en el inventario. Las unidades de paisaje definidas con este método son evaluadas en términos de su capacidad para producir bienes y servicios (Naveh y Lieberman 1984).

Los inventarios de recursos tienen por objetivo la realización de diferentes tipos de mapas temáticos (suelos, clima, vegetación, geología, etc). Esta orientación ha sido muy utilizada como base para la planeación y el desarrollo de vastas regiones naturales. En México, la institución oficial encargada del inventario de los

recursos de tierras, INEGI, ha empleado esta metodología para la confección de la cartografía del país (INEGI (a) y (b), 1993). Sin embargo, la necesidad de contar con una visión sintética de la realidad que muestre unidades del paisaje que puedan utilizarse para aspectos de desarrollo y planeación requirió que se desarrollaran métodos de sobrelapamiento de mapas, los cuales consisten en integrar los mapas contruidos por polígonos (suelos, vegetación, formas del terreno, uso del suelo y geología), en un solo mapa sintético (Dangermond, Derrenbacher y Harnden, 1982).

La herramienta básica utilizada para el levantamiento de la información de los distintos atributos del paisaje ha sido la fotointerpretación. Esta metodología consiste en efectuar una revisión exhaustiva de la información bibliográfica y cartográfica existente, evaluar y ordenar la información fotográfica, analizar las fotografías aéreas, por medio de un estereoscopio, de la región de acuerdo al atributo del medio geográfico de interés (geología, vegetación, suelos, fisiografía, etc.), verificar en campo las unidades o rodales marcados en la fotografía y, posteriormente, con base en los datos levantados en campo efectuar nuevamente, con ayuda del estereoscopio, un análisis de las fotografías aéreas. La información obtenida se traslada a una base cartográfica y se elaboran los mapas temáticos (INEGI (a) y (b), 1993).

La principal crítica de esta orientación es que la representación en forma aislada de las distintas características del paisaje lleva a una visión demasiado analítica de la realidad, sin lazos de interconexión que vinculen la influencia que tienen unas sobre otras (Tricart y Kilian, 1982). Las técnicas de sobreposición no logran superar esta interconexión y es muy difícil establecer con precisión los límites de una unidad sintética (Dangermond, Derrenbacher y Harnden, 1982).

La utilización de los SIG, ha permitido superar esta visión y actualmente la sobreposición de capas de información es un

procedimiento rutinario. Derivado de la facilidad que tiene los SIG para efectuar operaciones aritméticas con mapas (suma, resta, multiplicación, etc), se pueden combinar y obtener nuevos datos en mapas sintéticos, produciendo finalmente un mapa específico de interés para el investigador (Walsh, 1985).

## 2.2. Levantamientos Sintéticos

La necesidad de contar con una unidad sintética y cartografiable que sea útil para la planeación llevó al desarrollo de otras metodologías. El punto de partida es la identificación de una unidad de terreno cuyos atributos biofísicos son de tal manera homogéneos que se puede esperar la misma respuesta a un cultivo y el mismo potencial productivo en toda su superficie (Naveh y Lieberman, 1984). Los levantamientos sintéticos consisten en identificar una unidad básica cartografiable que sea homogénea respecto a suelo, clima, topografía, vegetación, etc.

Las principales metodologías sintéticas que existen para el estudio de la superficie terrestre son tres: levantamiento fisiográfico, levantamiento geomorfológico y levantamiento morfoedafológico.

### 2.2.1. Levantamiento fisiográfico

La División de Investigaciones Terrestres del CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) de Australia fue una de las primeras organizaciones que adoptó el punto de vista holístico en sus investigaciones de levantamientos terrestres y evaluación de tierras. El método de levantamiento de tierras identifica y caracteriza áreas discretas de la superficie terrestre de acuerdo con los atributos razonablemente estables o cíclicamente predecibles de la biosfera, incluyendo a los de la atmósfera, del suelo y geología subyacente, de la hidrología, de las poblaciones vegetales y animales y de la actividad humana (Christian y Stewart, 1968).

En principio este método se basa exclusivamente en criterios fisiográficos, cuya unidad básica de clasificación, la faceta (conocida también como unidad terrestre), se define como: "una porción de la superficie terrestre, usualmente con una forma simple, sobre una misma roca o depósito superficial y con suelo y régimen de humedad uniformes". La repetición de un conjunto de facetas constituye el siguiente nivel de clasificación denominado sistema terrestre, el cual corresponde al carácter peculiar del paisaje que forma el conjunto de facetas similares (Ortiz-Solorio y Cuanalo, 1978).

Este método descansa en la fotointerpretación de los principales rasgos del relieve, tales como la topografía y la cobertura vegetal, y consiste en efectuar una subdivisión del paisaje de acuerdo con un sistema de clasificación de dos unidades jerárquicas: la faceta y el sistema terrestre.

El tamaño de las facetas está determinado por el área mínima cartografiable y por la escala de la foto empleada, comunmente entre 1:10,000 y 1:80,000. Las facetas se pueden representar en cartografía de escalas 1:10,000 a 1:50,000. La subdivisión de un territorio en sistemas terrestres produce áreas cuya escala cartográfica varía entre 1:250,000 y 1:1,000,000; ambas escalas son consideradas adecuadas para la planeación regional, aunque cada una tiene su propio potencial de desarrollo (Ortiz-Solorio y Cuanalo, 1978).

La metodología del levantamiento fisiográfico se puede utilizar para determinar la aptitud de tierras para manejo agrícola (FAO 1981). En México esta metodología ha sido empleada principalmente por la rama de suelos del Colegio de Posgraduados de Chapingo (León, 1972; Ortiz-Solorio y Cuanalo, 1977, Peña 1974; Ponce y Cuanalo, 1977).

### 2.2.2. Levantamiento geomorfológico

El ITC de Holanda (International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences de Holanda), ha desarrollado una metodología de levantamiento terrestre que continua con la tradición australiana del levantamiento fisiográfico, pero realizando algunas modificaciones que definen las unidades terrestres con mayor grado de integralidad. A este método se le conoce como levantamiento geomorfológico. Las modificaciones de este método, respecto al anterior, consisten en incorporar la clasificación geomorfológica en la identificación de las facetas.

Para el ITC las unidades terrestres comparten una génesis común y una interrelación de formas y procesos que determinan un arreglo espacial constante (Zonneveld, 1979). Para el ITC los atributos que caracterizan al terreno son el relieve, los procesos geológicos y geomorfológicos, la litología, los suelos y las condiciones hidrológicas, así como la cobertura vegetal y el uso. La clasificación utilizada por el ITC consiste en cuatro niveles jerárquicos que enfatizan los diferentes aspectos de la geomorfología y su uso potencial.

El primer nivel jerárquico corresponde a grandes provincias terrestres (*terrain provinces*), en las cuales las asociaciones y el complejo de sistemas están combinados y se identifican por la génesis común y el relieve y litología características, la escala es mayor de 1:250,000. El siguiente nivel jerárquico conocido como sistema terrestre (*terrain systems*), refleja patrones repetitivos generales y genéticamente relacionados, definidos por sus características climáticas y litológicas. El sistema terrestre se representa a escala 1:250,000. El siguiente nivel conocido como unidad terrestre (*terrain units*), esta definido como un complejo de asociaciones con un patrón recurrente del nivel más inferior conocido como componente terrestre (*terrain components*), en donde el relieve, la litología, y la génesis son los principales criterios de clasificación. La escala de representación de la unidad



terrestre está entre 1:10,000 y 1:100,000. Por su parte, en el componente terrestre el relieve es el rasgo mas importante, con una representación a escala 1:10,000 (Zuidam, 1985).

Uno de los primeros trabajos realizados en México que conjunta la metodología del levantamiento fisiográfico con los aportes de la geomorfología es el realizado por L. Martínez (1992) en la Montaña de Guerrero. En este trabajo, la geoforma constituyó el nivel de clasificación más importante; sin embargo, la inclusión de criterios geomorfológicos y climáticos permitió obtener una visión más sintética de las unidades de paisaje obtenidas.

### 2.2.3. Levantamiento morfoedafológico

Para este enfoque, conocido también como enfoque ecogeográfico, las interferencias entre la morfogénesis (dinámica de formación del relieve) y la pedogénesis (dinámica de formación del suelo) son los aspectos más relevantes para la caracterización del paisaje. Para este enfoque, el método del levantamiento del terreno es estático y meramente descriptivo, y aunque reconoce la existencia de unidades holísticas con homogeneidad de atributos, los límites de la vegetación, el clima y el suelo no necesariamente coinciden con los límites definidos para las facetas (Tricart y Kilian, 1982).

Este método se desarrolló en Francia por el Instituto de Investigación en Agronomía Tropical (IAT), y parte del principio de elaborar una cartografía sintética del medio natural como base para los proyectos de desarrollo agropecuario y forestal (Rossignol, 1987). El principio en el que está basado este método es que los procesos de génesis del modelado que se ejercitan sobre un mismo medio están influenciados por los mismos factores (clima, vegetación, litología, etc). Los procesos de morfogénesis producen la evolución de las formas del relieve y los procesos de pedogénesis actúan sobre los materiales despejados y

transformados por la morfogénesis. La evolución de los suelos y del modelado se produce con velocidades diferentes en una región dada, lo que pone en evidencia la evolución del medio en términos de su estabilidad o inestabilidad (Rossignol, 1987).

Los componentes del medio biofísico que definen una unidad morfoedafológica son los mismos que se utilizan para el levantamiento geomorfológico y fisiográfico: la red hidrográfica, formas del relieve, litología, suelos, etc. La diferencia respecto a estos métodos es el énfasis en el estudio de los procesos activos de la morfogénesis, tales como la erosión y la tectónica. Con base en ello, se define el grado de estabilidad del medio. Los medios estables están definidos por una pedogénesis muy activa y por consecuente por un buen desarrollo del suelo. Los medios inestables son aquellos en donde la morfogénesis domina, por lo que hay poco desarrollo del suelo y las condiciones bioclimáticas agresivas extremas e irregulares son desfavorables para el desarrollo de una cubierta vegetal continua. Finalmente, en los medios penestables existen interacciones permanentes entre los fenómenos contrarios que actúan al mismo tiempo y en el mismo espacio haciendo necesario distinguir entre las zonas donde los procesos afectan comunmente la superficie del suelo, sin alterar la sucesión de los horizontes y aquellas donde actúan sobre todo el espesor del suelo (Tricart y Kilian, 1982). En zonas muy sensibles a la modificación del medio, la cubierta vegetal tiene gran importancia y su conservación es una preocupación esencial.

Los niveles de aproximación planteados por el método son básicamente tres: nivel región, que corresponde a una porción del territorio con cierta homogeneidad basada en los componentes mayores como clima, geología, geomorfología estructural, la cubierta vegetal; nivel paisaje, corresponde a la porción del territorio en donde las unidades morfoedafológicas son reconocibles en el campo y corresponden a un conjunto de formas del relieve simples (colinas, vertientes, mesetas, terrazas, etc) y,

nivel parcelario, en donde los componentes se reducen a la litología, las características de los suelos y a los procesos morfodinámicos.

El cuadro 2 muestra una comparación de las unidades, su definición y las escalas utilizadas de los tres métodos descritos: fisiográfico utilizado por la escuela australiana del CSIRO, el geomorfológico utilizado por la escuela holandesa del ITC, y el método utilizado por la escuela francesa del IAT.



Orden	Unidad			Descripción			Escala		
	CSIRO(1)	ITC(2)	IAT(3)	CSIRO	ITC	IAT	CSIRO	ITC	IAT
1	-	Provincia	Región	-	Altamente generalizada, el clima, litología y génesis son los criterios más relevantes en la clasificación.	El clima, la geología, la geomorfología estructural y la cubierta vegetal son los factores que definen este nivel.	-	>1:250,000	1:500,000 1:100,000
2	Sistema terrestre	Sistema terrestre	-	Repetición de un conjunto de facetas con un patrón de relaciones característico que le dan un carácter particular a un paisaje	Moderadamente generalizada, relieve, litología y génesis son los principales criterios de clasificación	-	1:1000,000 1:250,000	1:250,000	-
3	Faceta	Unidad terrestre	Paisaje	Porción de la superficie terrestre, con forma simple, con el mismo tipo de roca y con suelo y régimen de humedad uniforme.	Generalización menor en clases de área relieve, litología y génesis son los principales criterios de clasificación	Incluye uno o varios tipos de medios, Las unidades son conocibles en el campo y comprenden formas simples por ejemplo. vertientes, laderas, colinas.	1:80,000 1:10,000	1:50,000	1:50,000 1:10,000
4	Elemento	Componente terrestre	Parcela	Parte de una faceta que puede distinguirse en la fotografía aérea. Por ejemplo una ladera convexa o una cresta.	Razonablemente homogéneo y escasamente distinto de sus alrededores, no hay generalización, el relieve es lo más importante litología, los suelos y los procesos morfodinámicos.	Estudia una parte de la unidad morfoedafológica definida previamente. En este nivel los componentes se reducen a señalar la litología, los suelos y los procesos morfodinámicos.	1:10,000	1:10,000	1:10,000 1:1,000

Cuadro 2. Sistemas de clasificación de la superficie terrestre según la escuela australiana (CSIRO), holandesa (ITC) y francesa (IAT)  
Tomado de (1) Ortíz Solorio 1978; (2) Zuidam 1985; (3) Rossignol 1987.

### 3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 3.1 Objetivo

El objetivo general fue realizar un diagnóstico ecológico de la comunidad de San Felipe Usila con el fin de proporcionar las bases para un ordenamiento ecológico de las actividades productivas agrícolas.

Los objetivos específicos fueron:

a) A partir de una caracterización fisiográfica, geomorfológica, climática y de vegetación, definir las unidades de terreno y obtener una carta sintética de las unidades ambientales.

b) Efectuar una caracterización de las unidades ambientales de acuerdo a la capacidad de uso agrícola.

c) Elaborar recomendaciones de uso del suelo en función de las capacidades de uso de las unidades ambientales.

d) Efectuar una evaluación del uso actual del suelo

#### 3.2 Hipótesis

La hipótesis central que se planteó para alcanzar estos objetivos es que en la comunidad de San Felipe Usila es posible efectuar un reordenamiento de las superficies bajo explotación agropecuaria, y ordenar su crecimiento futuro por medio de la aplicación de métodos de levantamiento de información terrestre, que combinados permitan obtener unidades ambientales básicas para hacer recomendaciones de uso del suelo.

## 4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

### 4.1. Localización

La comunidad de San Felipe Usila se localiza en las estribaciones de la Sierra de Juárez en el norte de Oaxaca a 30 km al SE de Tuxtepec, entre los 17° 58' y 17° 51' de latitud norte con 96° 26' y 96° 33' de longitud oeste (Figura 1).

San Felipe Usila es una comunidad indígena con régimen comunal de tenencia de la tierra. Esta comunidad está compuesta por el pueblo de San Felipe Usila y 13 anexos (Figura 2); con una población total de 7,971 habitantes, según el censo de 1990 (Cuadro 3) y una superficie aproximada de 16,281 ha.

Clave	Localidad	Población
1	San Felipe Usila	4 342
2	Arroyo Aguacate	155
3	Arroyo Iguana	486
4	Arroyo Tambor	555
5	Arroyo Tigre	258
6	Cerro Caracol	165
7	Cerro de Hoja	92
8	Cerro Verde	149
9	Nueva Santa Flora	104
10	Paso Escalera	587
11	Peña Blanca	272
12	Santa Flora	186
13	Congregación Santa Flora	116
14	Santo Tomas Tejas	504
	Total	7971

Cuadro 3. Población del municipio de Usila  
Fuente: XI Censo de población y vivienda, Oaxaca, 1990.

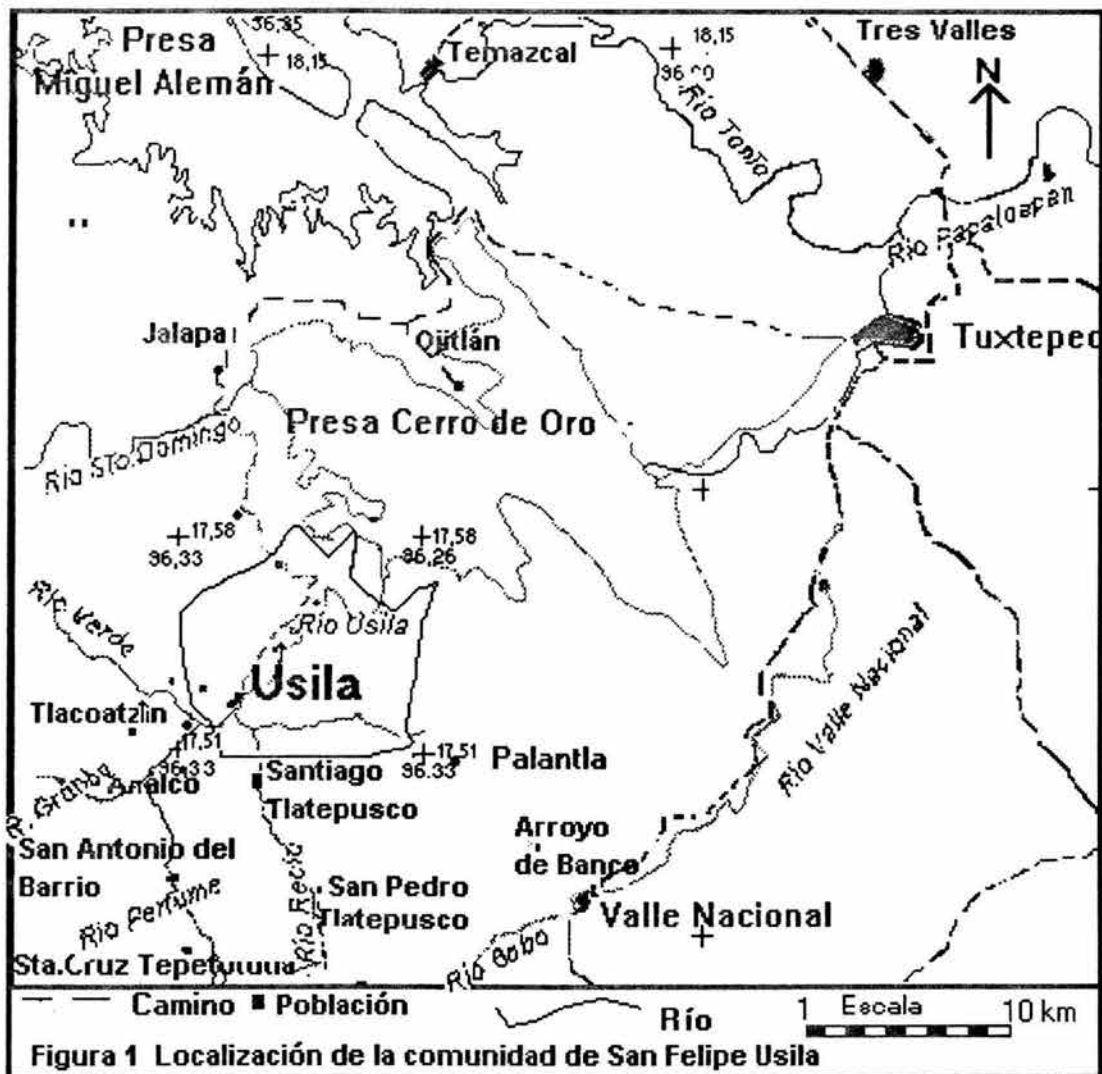
### 4.2 Contexto Regional

#### 4.2.1. Características ambientales

1. Fisiografía. La zona de estudio esta ubicada en la región conocida como Sistema Montañoso del Norte de Oaxaca (Rzedowski, 1978). Se trata de una región muy compleja en donde confluyen tres provincias fisigráficas:

a). La Planicie Costera del Golfo. Está situada al Noreste de Usila y representada por vastas planicies con pendientes reducidas, formadas por un conjunto de cuencas tectónicas con alturas menores de 100 m.

b). La Sierra Madre del Sur. Está representada por el macizo montañoso la Sierra de Juárez, la cual corresponde a la porción más norteña de esta provincia (Estrada y Urbán, inédito).

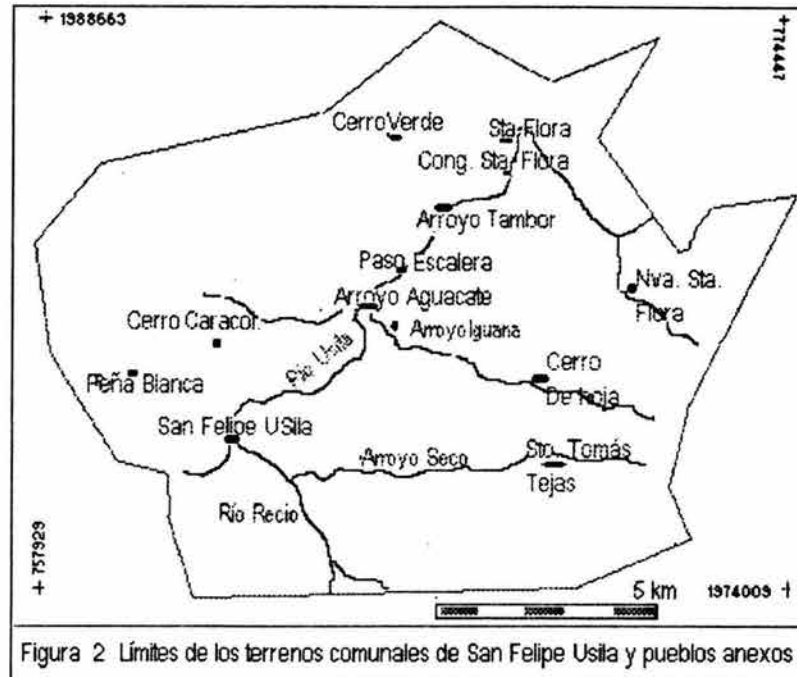


La topografía es muy accidentada, con elevaciones hasta de 3,400 m. Las características generales que presenta esta provincia son una topografía accidentada con interrupciones de terrenos planos o de pendientes suaves y valles en "V" con una predominancia de altitudes superiores a 1000 m. Esta cordillera corre de noroeste a sureste; Usila se encuentra en las estribaciones de esta unidad fisiográfica.

c). Sierra Madre Oriental. Esta provincia está representada por sierras alineadas kársticas situadas al este de Usila. Esta unidad se caracteriza por altitudes que van entre 100 a 300 m. La litología está formada por estratos medianos y delgados de areniscas y lutitas.

2. Geología. La región está fuertemente influenciada por la fisiografía y tectónica de la Sierra Madre del Sur. Las rocas presentes abarcan desde el Jurásico hasta el período Reciente, ubicándose las rocas más antiguas hacia la porción sur de Usila, en el macizo montañoso de la Sierra de Juárez, y las más recientes hacia el norte, en los sedimentos depositados por la acción pasada y actual de los ríos. La litología comprende rocas metamórficas (esquistos micáceos y cuarcitas), rocas sedimentarias (areniscas, limolitas, conglomerados y calizas; Estrada y Urbán, inédito).

3. Clima. Lo escarpado de la región favorece la existencia de una gran variedad de tipos climáticos, que van desde climas cálido húmedos y subhúmedos a bajas altitudes, hasta climas semicálidos y templados en las partes altas. La ubicación cercana al Golfo de México influye de manera importante en las condiciones climáticas de la región. La influencia de los vientos alisios del noreste, los ciclones y nortes, y las lluvias orográficas son los factores que determinan una gran precipitación (Vallejo, 1977).



4. Vegetación. Derivado de esta complejidad fisiográfica, litológica y climática la vegetación presenta una gran diversidad de tipos de vegetación y alberga gran cantidad de especies endémicas:

Bosque caducifolio.- En las partes altas y húmedas de la región (1300 a 2500 m) predomina este tipo de vegetación el cual, según algunos autores (Lipp 1971) es uno de los más diversos del país. Se trata de un bosque muy diverso en donde existen géneros de distribución boreal como *Pinus*, *Quercus*, *Liquidámbar* y *Carpinus* y géneros tropicales tales como *Clethra*, *Weinmannia*, *Hediosmum*, *Brunellia* y muchas especies de lauráceas (Lipp, 1971).

Selvas altas perennifolias y subperennifolias. En las partes medias y bajas con pendientes moderadas y bajas predomina la selva alta perennifolia, la cual está representada por una gran cantidad de especies arbóreas destacando por sus grandes tallas (más de 60m) especies como *Terminalia amazonia*; por su parte, las selvas altas subperennifolia se caracteriza por la abundancia de especies de palmas en el estrato inferior y por la dominancia de

*Brosimum alicastrum*. El factor determinante para la existencia de estos tipos de vegetación está dado por las condiciones topográficas y la posibilidad de retención de humedad en el suelo (SARH, 1980).

Sabanas Tropicales. Las sabanas cubren pequeñas áreas distribuidas en forma aislada en las suelos que presentan un deficiente drenaje que han sido sometidos a fuegos continuos. Las especies dominantes son *Crescentia cujete*, *Byrsonima crassifolia*, *Curatella americana*, *Coccoloba barbadensis* y *Acacia spadicigera* (SARH, 1980) acompañadas frecuentemente por especies de encinos tales como *Quercus oleoides* y *Quercus glaucescens*.

#### 4.2.2. Características históricas, culturales y económicas de la región

En esta región predomina el grupo étnico chinanteco, el cual tiene orígenes muy remotos. Se cree que el nombre de Chinantla provienen de un rey llamado Qui-na quién en la época de los señoríos, hacia el año 1110, fundó lo que se conoce como la Chinantla cuyo territorio fue denominado Quinantlán por lo aztecas y después Chinantlán por los españoles (Espinosa, 1961; Cline, 1959). Otra interpretación del nombre proviene del Códice Mendocino el cual se refiere a la Chinantla como un lugar o tierra cerrada, Asimismo, el autor de la relación de la Chinantla describió a ésta región como un lugar cerrado de pueblos y serranías (Bartolomé y Barabás, 1990). La palabra "chinantla" también puede asociarse a la palabra "chinampa", en referencia a las balsas construidas por los chinantecos para atravesar los ríos, o "tierra de balsas".

De acuerdo con Espinosa (1961), hacia el año 1300 los descendientes de Qui-na se habrían dividido en dos señoríos: La Gran Chinantla y la Chinantla Pichinche integrada por el señorío de Yólox y el señorío de Usila, respectivamente. La fragmentación



derivada de los conflictos internos (1300-1435) produjo el reordenamiento de pueblos y señoríos, en tanto que las catástrofes naturales, principalmente inundaciones, los obligaron a frecuentes migraciones. No obstante la movilidad interna, el grupo etnolingüístico chinanteco se ha mantenido dentro de las fronteras del que aún constituye su territorio. En 1455-1456 tuvo lugar la ocupación mexicana, cuando el ejército de Moctezuma Ilhuicamina conquistó Mixtecapam y luego la Chinantla. El emperador instaló una guarnición en Tuchtepetl (Tuxtepec), que pasó a ser la frontera sudoriental del imperio azteca. Desde ella se cobraba tributo a los mazatecos, chinantecos, cuicatecos y popolucas. De acuerdo con el Código Mendocino, los pueblos chinantecos tributaban collares de oro, plumas de quetzal, telas de algodón, pelotas de hule, vainilla, cacao, maíz, frijol y chile (Weitlaner y Castro, 1973).

A la llegada de los españoles la región se encontraba en pleno apogeo. Sin embargo, la gran mortalidad ocurrida a causa de las enfermedades y malos tratos de los Españoles ocasionó una verdadera catástrofe demográfica entre los pueblos de la región. Bartolomé y Barabás (1990) mencionan que la merma fue de cerca del 90% de la población. Derivado de este hecho, los sobrevivientes fueron reubicados en congregaciones con el propósito de optimizar la fuerza de trabajo en lugares adecuados para la agricultura comercial. Gerhard (1972) apunta que hacia 1560 las congregaciones chinantecas más importantes eran: Ojitlán, Zapotitlán, Usila, Tepetotutla, Palantla, Tlacoztepec, Valle Real (Valle Nacional) y Yólox.

En los años que siguieron a la conquista, aparte del despoblamiento que sufrió la región, se introdujeron nuevos cultivos tales como el plátano, la naranja y la caña de azúcar. Este último junto con el algodón y el tabaco nativos, fueron los primeros productos en exportarse hacia Europa (Bartolomé y Barabás 1990). Cabe destacar el hecho de que en la época colonial es donde surge la contradicción entre la gran riqueza de recursos naturales de la



región y los sistemas agrícolas que conocían los españoles. Lo que pudiera ser un paraíso para el agricultor dedicado a sembrar gran variedad de productos, en las condiciones de la Chinantla significaba un desafío para el más eficiente sistema agrícola, toda vez que las tierras que los españoles consideraban útiles para la agricultura se encuentran en angostas franjas a orillas de los ríos o a reducidos valles intermontanos, de tal manera que se consideró a estas tierras como inútiles, dejando en manos indígenas y de pequeños propietarios la producción de estas zonas (Romero Frizzi, 1990).

Durante muchos años las actividades agropecuarias de la región permanecieron estancadas. Hasta los años 30 del presente siglo, la selva tropical sufrió una explotación devastadora con el saqueo de las especies de maderas preciosas. Las empresas extranjeras causantes del saqueo dejaron la región después de 1936 por ser incosteable la explotación más allá de los sitios accesibles (Martínez Saldaña, 1990). Este hecho provocó, económicamente hablando, que a la selva tropical se le viera entonces sin valor que era preciso eliminar para poder ocupar de una manera mejor y más productiva (Tudela, 1990).

#### 4.2.3. Problemática de los recursos naturales

Tal como ha ocurrido en el país en las regiones tropicales con agricultura de subsistencia, el cultivo tradicional de la milpa ha venido deteriorándose conforme se ha avanzado en la introducción de la ganadería y de los cultivos comerciales. El caso de la Chinantla no ha sido la excepción. Ahí la ganadería y el fomento al cultivo del café han provocado el desplazamiento de los cultivos tradicionales. Aunado a lo anterior, el crecimiento demográfico provoca una mayor presión sobre el recurso tierra que ha impactado en la utilización del suelo cambiando los sistemas de producción que tradicionalmente realizan los campesinos chinantecos.

Este impacto se deja ver principalmente en la reducción de los tiempos de descanso de la tierra y en la simplificación del policultivo de milpa. En los últimos 20 años se introdujo el cultivo del café, y a pesar de que éste puede favorecer la conservación del suelo, ha tenido un efecto desequilibrador en la rotación del sistema tradicional de roza-tumba-quema, reduciendo la superficie agrícola disponible. Adicionalmente, la presión social sobre los recursos naturales se vio acelerada a raíz de la construcción de la presa "Cerro de Oro" que inundó los terrenos agrícolas más productivos de la región y obligó a una relocalización no deseada de indígenas chinantecos hacia las zonas cerriles, en donde existían importantes extensiones de selva primaria.

## 5. METODOLOGÍA

El diagnóstico ecológico comprendió 3 etapas:

La primera etapa consistió en definir unidades cartográficas denominadas "unidades ambientales". Para ello, se tomó como base la metodología propuesta por el levantamiento geomorfológico del ITC de Holanda (Zuidam, 1985) en donde la geomorfología constituye la primera estratificación de información cartográfica adoptando una posición central. Con el apoyo del SIG, la disponibilidad de datos relevantes, tales como la geología, el clima y la vegetación se utilizaron como fuentes de información para apoyar la construcción de las unidades, las cuales se denominaron unidades ambientales.

La segunda etapa consistió en conocer las capacidades que, desde el punto de vista agrícola, presentan las unidades ambientales obtenidas. Para ello se utilizó, con algunas modificaciones, el método de zonificación agroecológica de cultivos (Ojeda Trejo, Pájaro Huertas y Ortiz Solorio 1987), adecuándolo a los datos disponibles. La zonificación agroecológica consistió en seleccionar los cultivos y los niveles tecnológicos más adecuados para una zona determinada. Para ello, se compiló un inventario climático y edáfico a partir de unidades cartográficas y se comparó con los requerimientos agroecológicos de los cultivos seleccionados. Para cada unidad cartográfica se identificaron las capacidades del terreno y sus parámetros de diferenciación. En este trabajo se seleccionaron cuatro cultivos: el maíz, la vainilla, el cacao y el café, con niveles tecnológicos bajos, es decir, de acuerdo al sistema tradicionalmente empleado en la región. El inventario climático y edáfico se sustituyó con las unidades ambientales obtenidas con el levantamiento del terreno.

La tercera etapa del diagnóstico ecológico consistió en tomar la carta de uso actual del suelo y vegetación sobreponiéndola con la

carta de capacidad agroecológica de las unidades ambientales. El resultado de esta evaluación se analizó a la luz de las consideraciones metodológicas propuestas por J. Duch (1980) al sistema de evaluación de tierras; en donde las características sociales, la gama de alternativas posibles de uso de la tierra, el tipo de tecnología disponible y el contexto geográfico son las condicionantes principales para determinar si el suelo está usándose de manera adecuada.

## 5.1. Definición de las unidades ambientales

### 5.1.1. Levantamiento de la información cartográfica

El levantamiento de la información cartográfica del medio ambiente se obtuvo a partir de los trabajos realizados por J. López Paniagua, G. Estrada y G. Urbán (inédito), H. van der Val (inédito) y G. Urbán y G. Estrada (inédito) consistiendo en la siguiente información.:

1. Carta hipsométrica. Esta carta contempla curvas de nivel a intervalos de 100m.

2. Carta de unidades de terreno. Esta carta se obtuvo a partir de fotointerpretación y del análisis de la carta topográfica 1:50,000. Describe los elementos principales del relieve, tales como mesetas, terrazas, dolinas, escarpes, laderas fuertes, laderas moderadas y laderas suaves, valles, etc.

3. Carta litológica. Esta carta se realizó a partir de fotointerpretación y recoge información de la litología superficial: los materiales aflorantes, su naturaleza y composición y su estado de alteración.

4. Carta hidrológica. Esta carta analiza la red hidrográfica y su jerarquización, la disección del relieve (profundidad de erosión) y la densidad de disección (corrientes fluviales).

5. Carta de temperaturas medias. La carta de temperaturas medias se realizó a partir de los estudios de los datos pluviométricos y de temperatura de 20 estaciones climatológicas situadas en la zona estudiada por Milán (inédito). Los datos de estas estaciones se correlacionaron con la carta hipsométrica, obteniéndose una carta de isotermas con intervalos de 1<sup>o</sup> C.

6. Carta de uso del suelo y vegetación. Esta carta se elaboró a partir de recorridos de campo y fotos aéreas escala 1:80,000 del año de 1980. Se definieron e identificaron los diferentes tipos de vegetación presentes. El material botánico colectado se depositó en el herbario MEXU. Esta carta se realizó con el apoyo del colector Ismael Calzada.

7. Además de realizar las cartas anteriormente descritas, se analizó la siguiente información: se identificaron los procesos morfogenéticos actuales, tales como erosión difusa o laminar, reptación o arroyada, solifluxión, etc.. Asimismo, se analizó el suelo con base en los estudios de H. van der Wal (inédito), identificándose los tipos de suelos y las clases de pedogénesis presentes.

#### 5.1.2. Definición de las unidades ambientales

Para la definición de las unidades ambientales se consideró la siguiente información cartográfica:

1. Carta geomorfológica. Esta carta se elaboró a partir de la sobreposición de las cartas litológica y de unidades de terreno. El resultado fue una clasificación de las unidades de terreno de acuerdo al sustrato litológico subyacente.

2. Carta de zonas térmicas. La carta de isotermas se utilizó para definir los rangos térmicos más adecuados para el buen desarrollo de los cultivos seleccionados (vainilla, maíz, cacao y café). Se definieron tres zonas térmicas: zona templada; ubicada en la franja

comprendida entre los intervalos de 19°C y menos de 21°C. En esta zona las temperaturas son más adecuadas para el cultivo del café; zona semicálida; corresponde a una zona comprendida entre los intervalos de más de 21°C y menos 23°C y se considera adecuada para el cultivo de la vainilla; zona cálida ubicada en la franja comprendida entre los intervalos de más de 23°C y 25°C.; en esta zona se presenta un mejor desarrollo del cultivo del cacao y también de la vainilla.

3. Unidades ambientales. La carta geomorfológica se sobrepuso a la carta de zonas térmicas. Las unidades cartográficas que se obtuvieron de esta sobreposición se denominaron "unidades ambientales". Estas unidades corresponden a una unidad homogénea desde el punto de vista fisiográfico, litológico, geomorfológico, edafológico y térmico.

5.2. Determinación de la capacidad de las unidades ambientales para sostener cultivos agrícolas

#### 5.2.1 Caracterización de las actividades primarias

La definición y descripción de las actividades primarias tuvo como base la clasificación de los sistemas agrícolas de la región de Usila realizada por Anta (1992), van der Wal (inédito), Hernández y Múgica (1993) y por Ciriaco y Medinilla (1990), haciendo énfasis en los sistemas productivos de roza-tumba-quema y de plantación tales como vainilla, café y cacao, por ser estos los cultivos seleccionados. Se recopiló la información bibliográfica de estos cultivos referente a su fenología.

5.2.2. Definición de la capacidad agrícola de las unidades ambientales

Con base en la caracterización de los sistemas productivos y de la fenología de los cultivos seleccionados, se procedió a realizar un análisis de la capacidad de las unidades para sostener a los



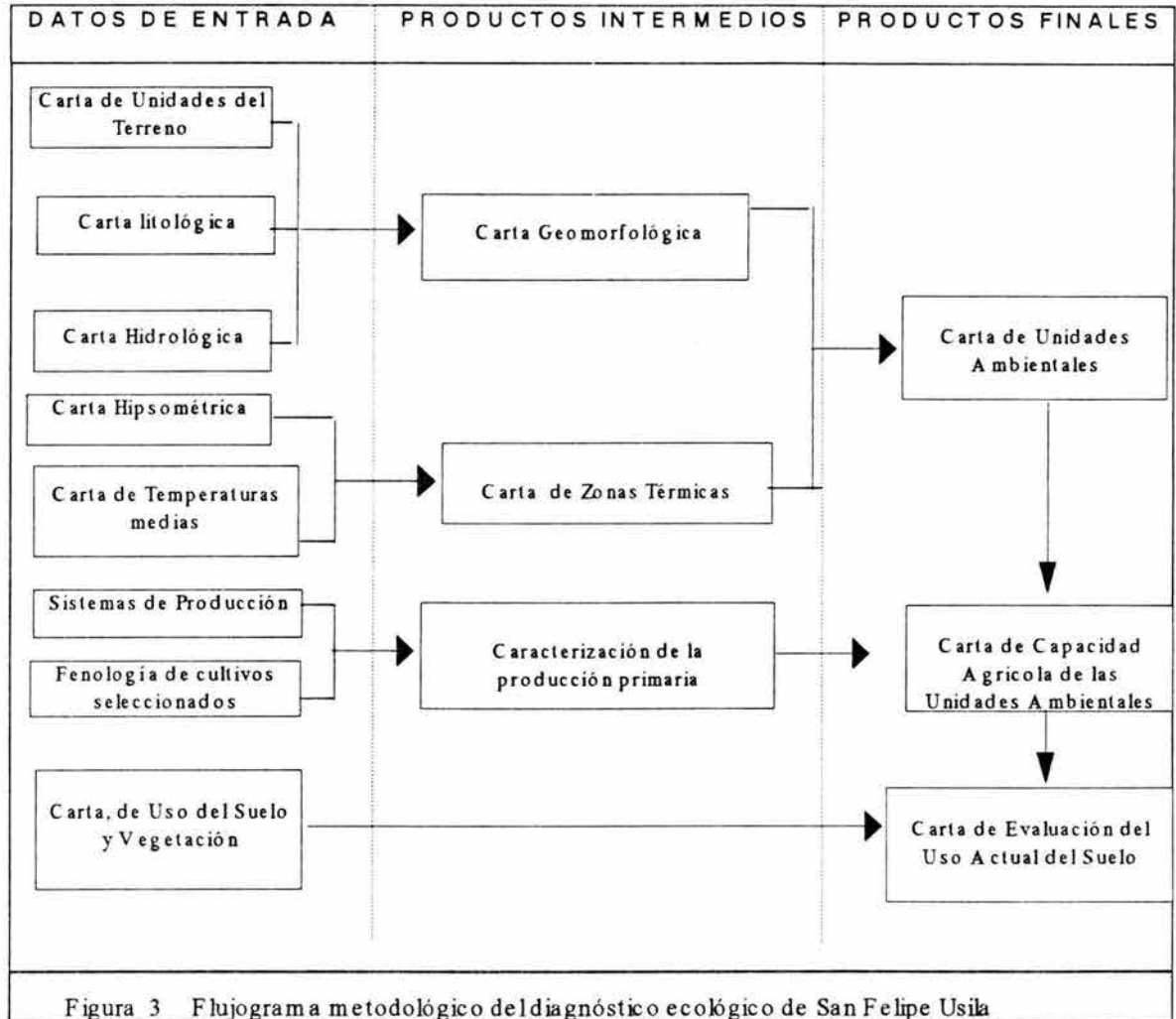
cultivos seleccionados, determinándose 2 tipos: terrenos con capacidad para sostener a los cultivos propuestos y terrenos sin capacidad para sostener ningún tipo de agricultura.

### 5.3. Evaluación de las unidades ambientales

La evaluación de las unidades ambientales se realizó sobreponiendo la carta de uso actual del suelo con la carta de capacidad agrícola de las unidades ambientales. Para ello, se identificó el uso actual del suelo y se comparó con la propuesta de uso para cada una de las unidades ambientales. Los resultados de este análisis arrojaron tres categorías: a) unidades ambientales que están siendo utilizadas con cultivos y tecnologías que guardan un cierto equilibrio con la estabilidad o penestabilidad del medio lo que quiere decir que están siendo usadas de manera adecuada; b) unidades ambientales que están siendo utilizadas con cultivos y tecnologías que ponen en riesgo los medios más inestables, y que por lo tanto están siendo utilizadas de manera inadecuada; y, c) unidades ambientales que conservan la cobertura vegetal original.

### 5.4 Flujograma metodológico

La figura 3 muestra un flujograma de actividades secuenciales comprendidas en el diagnóstico ecológico. El primer paso consistió en introducir la información cartográfica disponible al sistema de información geográfica, como son: unidades de terreno, litología, hidrología, temperaturas, hipsometría y uso del suelo. También se recopiló la información documental acerca de los sistemas de producción y la fenología de los cultivos seleccionados. El segundo paso consistió en elaborar por medio del SIG varios productos de carácter intermedio que sirvieron como base para el diagnóstico ecológico. Se trata de las cartas litológica y de zonas térmicas, producidas a partir del análisis de la cartografía temática. Con estas dos cartas se elaboró, en un tercer paso, la carta de unidades ambientales, misma que constituye uno de los productos



finales. A partir de esta carta, se elaboró otro producto final denominado carta de capacidad agrícola, la cual recoge las características de los sistemas de producción y fenología de los cultivos seleccionados, determinando cuáles unidades ambientales son las más adecuadas para sostener dichos cultivos. Por último, se elaboró una carta de evaluación del uso actual del suelo sobreponiendo la carta de uso del suelo con la de capacidad agrícola, partiendo del supuesto de que ésta última nos indicaría el uso más adecuado.



En resumen, estos tres productos, carta de unidades ambientales, carta de capacidad agrícola y la carta de evaluación del uso actual del suelo, constituyeron lo que en este trabajo se definió como diagnóstico ecológico y para su elaboración se combinaron diversas herramientas y metodologías. Las herramientas utilizadas fueron: el uso de un sistema computarizado de información geográfica, la fotointerpretación de fotografías aéreas, recorridos de campo, colectas y entrevistas a productores. Las metodologías de análisis empleadas fueron la del levantamiento geomorfológico, la de zonificación agroecológica de cultivos y la de evaluación de tierras.

#### 5.5. Escala de trabajo y resolución espacial

Los mapas fuente fueron transformados y rasterizados con una resolución espacial de 20 x 20m (0.09 ha equivalentes a 1.6 mm en escala 1:50,000), tamaño considerado adecuado para mapas temáticos (Valenzuela y Baumgardner 1990) y ajustados a los límites territoriales de la comunidad de Usila. La escala de trabajo fue de 1:50,000, que corresponde al nivel de paisaje ó de unidad terrestre.

#### 5.6. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información se realizó por medio del Sistema de Información Geográfica ILWIS, el cual combina los procedimientos normales de un SIG con la capacidad de procesamiento de imágenes y una base de datos relacional (Valenzuela 1988). El procesamiento de datos numérico se realizó combinando la base de datos ILWIS con el Programa EXCEL de Windows. Asimismo, el procesamiento de los mapas se realizó combinando ILWIS con Windows a través del manejo de imágenes BMP.

### 5.7. Fuentes de Información

Las fuentes de información fueron de tres tipos:

1. Fotografías aéreas. El material fotográfico utilizado fueron fotos aéreas a escala 1:80,000 de marzo de 1980, correspondientes a las líneas L1D No.9-11; L2G No.5-9 y L2H No. 15-18.

2. Material cartográfico. Se utilizó la cartografía de INEGI, en particular los siguientes mapas: Topográfico, Geológico, Uso del Suelo, Hidrología y Climático a escalas 1:1,000,000, 1:250,000 y 1:50,000. También se hizo uso de la cartografía existente elaborada por la Comisión del Papaloapan y otras instituciones públicas federales y estatales.

3. Información bibliográfica. Se reunió la mayor cantidad de información existente sobre los aspectos físicos y bióticos de la región.

### 5.8. Delimitación de la zona de estudio

La superficie que considera este estudio corresponde a los terrenos comunales de San Felipe Usila. El territorio de Usila fue delimitado de acuerdo con la información proveniente del expediente de Titulación de Bienes Comunales y los límites fueron transferidos a la base topográfica escala 1:50,000.

## 6.RESULTADOS

### 6.1. Caracterización del medio físico

#### 6.1.1. Fisiografía

El territorio presenta altitudes que van desde los 100 m.s.n.m. en el valle aluvial hasta los 1400 m.s.n.m. en las partes más altas localizados en el sur y noroeste de Usila. El Mapa 1 muestra la hipsometría del territorio con 13 intervalos de altitud cada 100 m. El paisaje está determinado por la tectónica, la naturaleza del sustrato geológico y la intensidad de la precipitación pluvial. Se distinguen tres grandes unidades. La primera corresponde a una sierra kárstica (SIK), que por su posición alineada entre la planicie costera y la Sierra Juárez se le denominó intermedia. Esta sierra corre en dirección NW-SW, con una gran diversidad de topoformas tales como laderas moderadas y suaves, escarpes, terrazas, mesetas estructurales y dolinas. Altitudinalmente la SIK va desde los 100 hasta 1600 m.s.n.m.

Hacia el sur de Usila se localiza el sistema montañoso de la Sierra Juárez, que dada su complejidad estructural se denomina Sierra Alta Compleja (SAC), formada por materiales terrígenos (lutitas, limolitas, conglomerados y areniscas) en una línea aproximada de NW-SE. Esta unidad se caracteriza por una menor diversidad de topoformas, predominando las laderas fuertes y moderadas y las crestas. Altitudinalmente la SAC se presenta desde los 200 m hasta más de 1600 m.s.n.m.

Finalmente, existe una unidad que ocurre en ambos sistemas, constituida por los valles aluviales y valles intermontanos. Destaca el gran valle de Usila, formado sobre materiales calizos y terrígenos. Existen también algunos valles estrechos en la unidad SAC, destacando los valles de Santo Tomás Tejas y el de Arroyo Iguana. La Figura 4 muestra un modelo digital de terreno en el que se aprecia la diversidad de los paisajes existentes en Usila.

## Mapa 1

## HIPSOMETRÍA

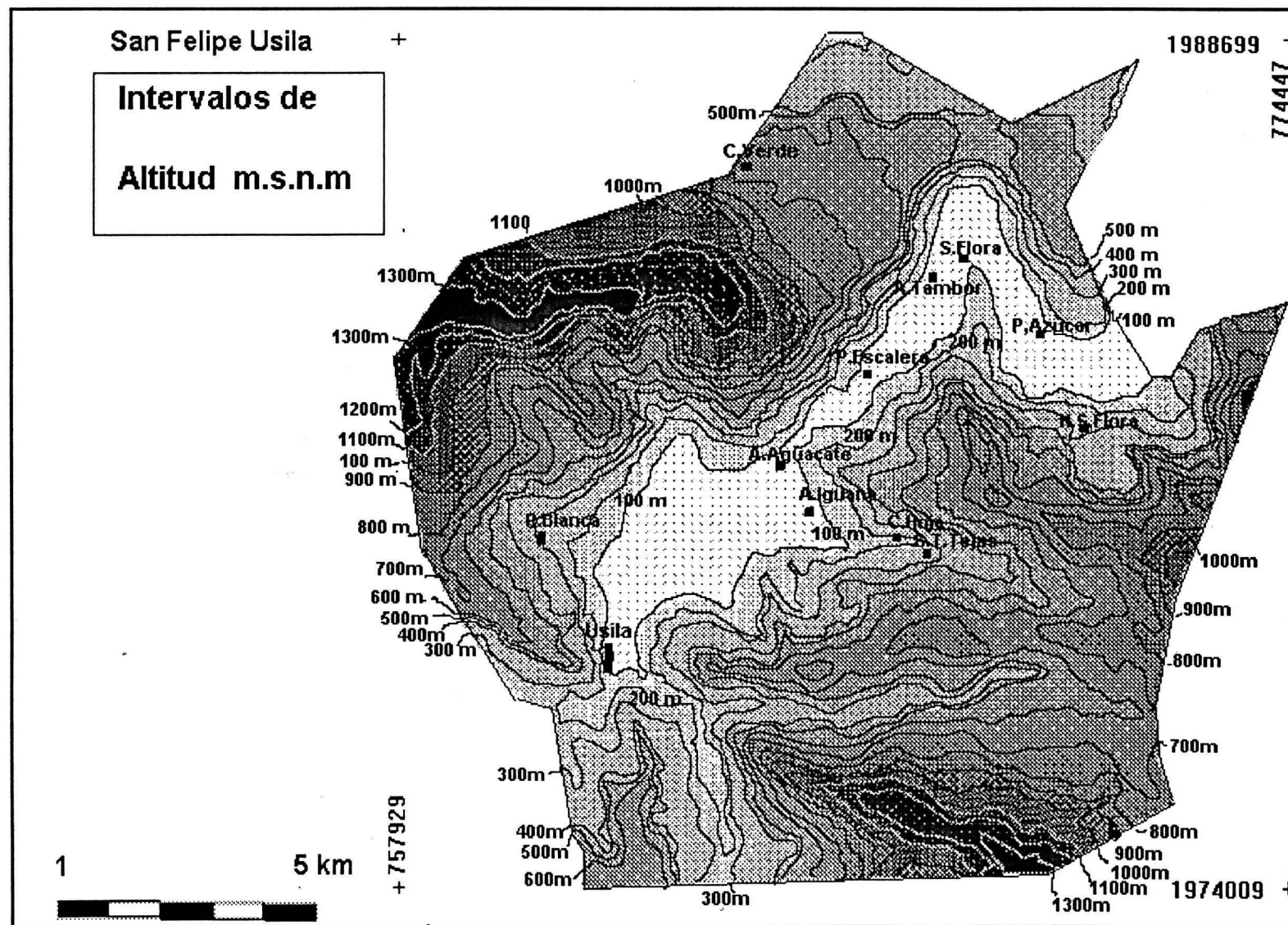
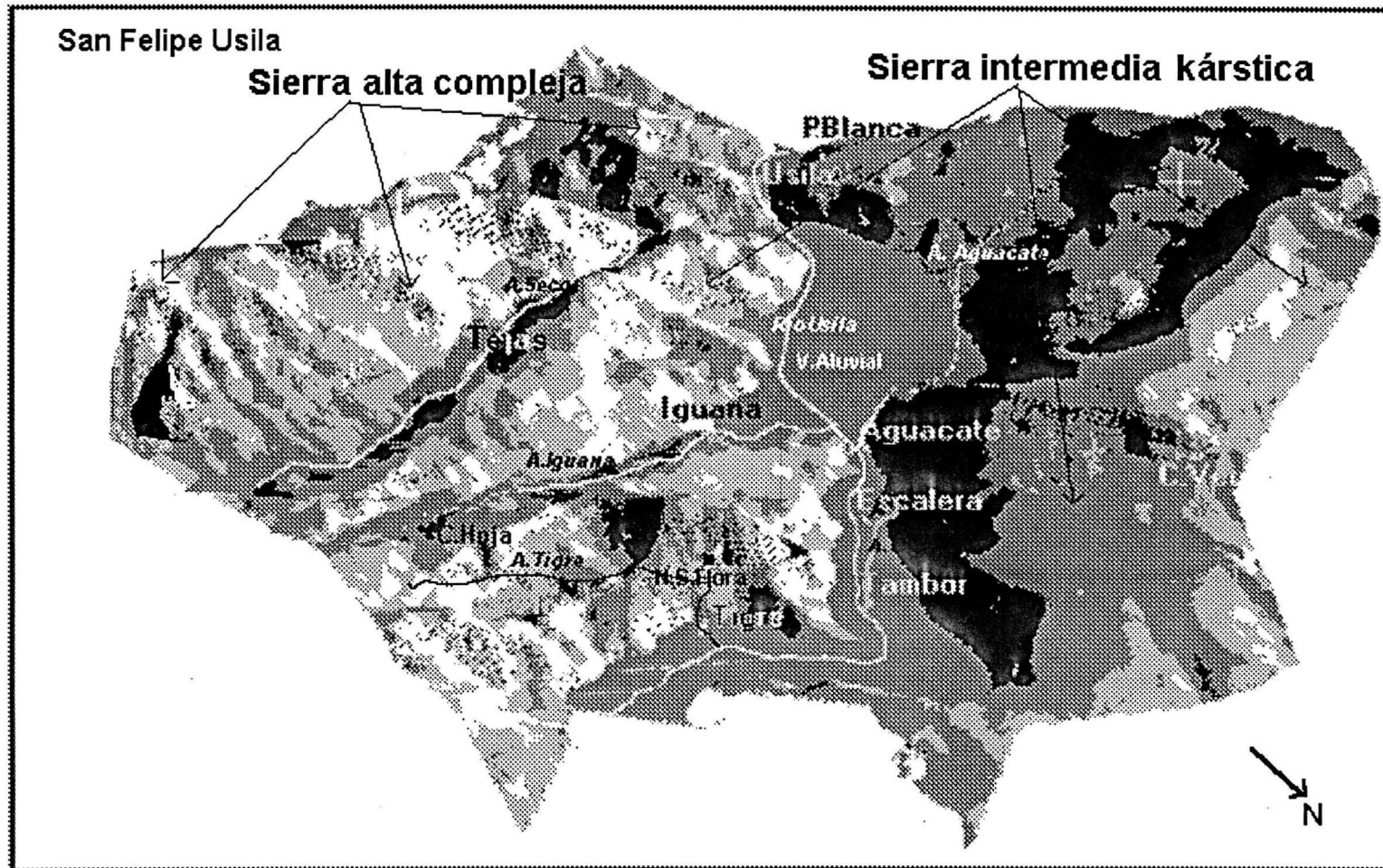


Figura 4

## Modelo Digital de Terreno



### 6.1.2. Hidrología

La subcuenca del río Usila en donde se ubica la zona de trabajo, cubre una área de 773.7 km<sup>2</sup>. La subcuenca aporta a la cuenca del Papaloapan un promedio anual de 2556 millones de m<sup>3</sup>, con un volumen de precipitación de 3697 millones de m<sup>3</sup>, pérdidas de 1141 millones e infiltraciones de 213 millones de m<sup>3</sup> (Rodiles inédito). Esta subcuenca alimenta directamente a la presa "Miguel de la Madrid" (Cerro de Oro), ubicada río abajo.

La región se caracteriza por presentar un estado de ramificación elevado (hasta de cuarto orden) y altas densidades de drenaje y de corriente (0.292 y 0.037, respectivamente), lo que significa que debido a las altas precipitaciones y a lo accidentado del terreno se forman numerosas corrientes perennes e intermitentes que facilitan el desagüe y una respuesta hidrológica rápida (Milán 1991).

Los tributarios del Usila son ríos de montaña con pendientes abruptas, de pocas curvas y de aguas rápidas muy oxigenadas, hasta cauces estrechos, con formación de cascadas y pozas profundas. Específicamente el río Usila es considerado como un río de transición ya que las pendientes ya no son tan abruptas y empiezan a aparecer curvas y meandros, por lo que las velocidades disminuyen aunque los volúmenes sean grandes.

### 6.1.3. Geología

La región esta fuertemente influida por la fisiografía y tectónica de la Sierra Madre del Sur, en particular con los plegamientos y los fallamientos ocurridos en el Mesozoico y el Cenozoico. De acuerdo con Estrada y Urbán (inédito), la Sierra de Juárez puede ser dividida en dos grandes dominios geológicos: un dominio interno que comprende los terrenos del Paleozoico y Precámbrico, y un dominio externo en donde afloran series calcáreas de plataforma y capas rojas de la Formación Todos Santos. Las rocas sedimentarias se comportan como un conjunto de plegamientos con



orientación NW-SE producto del evento Laramídico ocurrido a fines del Mesozoico por acción de la interacción de la "Placa de Cocos" con la Norteamericana.

Durante el Triásico-Jurásico ocurrieron fallas normales que originaron fosas y pilares, rellenándose con clastos postorogenia, los identificados con el nombre de lechos rojos de la Formación Todos Santos. Durante el Jurásico Tardío y Cretácico se inició la sedimentación marina evidenciada por el hundimiento de la antigua tierra, produciendo un transición de terrigenos continentales a carbonatos alternando con depósitos de tobas y cenizas volcánicas. Para fines del Cretácico, los plegamientos y fallas característicos de la región ya se habían formado, de tal manera que los efectos de la orogenia se manifiestan a mediados del Oligoceno y en las primeras etapas del Pleistoceno. Los sustratos del Cuaternario que cubre la región pueden ser considerados como derivados de la reducción en las porciones emergidas, formadoras a la vez de grandes valles.

La secuencia estratigráfica del área está determinada por las rocas continentales y marinas, Las capas rojas de la Formación Todos Santos son las más antiguas; se trata de rocas metamórficas (cuarcitas, esquistos) conglomerados de cuarzo y rocas ígneas intrusivas. El contacto superior pasa transicionalmente hacia las dolomías y lutitas calcáreas y conglomerados calcáreos de la Formación San Pedro del Jurásico Superior. En forma discordante le sobreyacen las tobas, lutitas, areniscas y conglomerados del Cretácico Inferior. Le sobryace a a esta capa los sedimentos de la Formación Maltrata del Cretácico Medio, compuesta por calizas con pedernal. En forma discordante aflora la Formación Chicontepec del Terciario, conformada por una alternancia de lutitas y areniscas tipo flysh. Finalmente se encuentran los aluviones y gravas del Cuaternario, producto de la erosión a la que han sido sujetas las formaciones anteriormente descritas.

A nivel local, las rocas calcáreas predominan en la mayor parte de la superficie de estudio (Cuadro 4). Esta gran unidad está conformada por tipos particulares predominando las calizas, brechas y dolomías. La calcita es el mineral esencial cuya textura puede ser desde microcristalina hasta clastos y recristalizaciones. La porción sur del territorio está perfectamente diferenciada de las porciones centro y norte; las características litológicas de esta porción son de rocas detríticas o terrígenas, principalmente de areniscas, limolitas y conglomerados. El mapa 2 muestra la distribución espacial de la litología de Usila.

Concepto	Superficie (ha)	Proporción %
Aluvial	1936,72	11,89
Conglomerado	233,75	1,44
Caliza	9960,99	61,18
Limolita-conglomerado-toba	1279,12	7,86
Lutita-arenisca-conglomerado	2795,88	17,17
Lutita-arenisca	75,71	0,46
Total	16282,2	100
Cuadro 4 Litología superficial de Usila, Oax.		

#### 6.1.4. Unidades del terreno

La identificación y clasificación de las formas del relieve o unidades de terreno fue tomada del trabajo geomorfológico de la región de Usila realizado por los Geólogos G. Estrada y G. Urbán (inédito). Esta clasificación considera a las formas del relieve estrechamente asociadas a la topografía y al sustrato geológico.

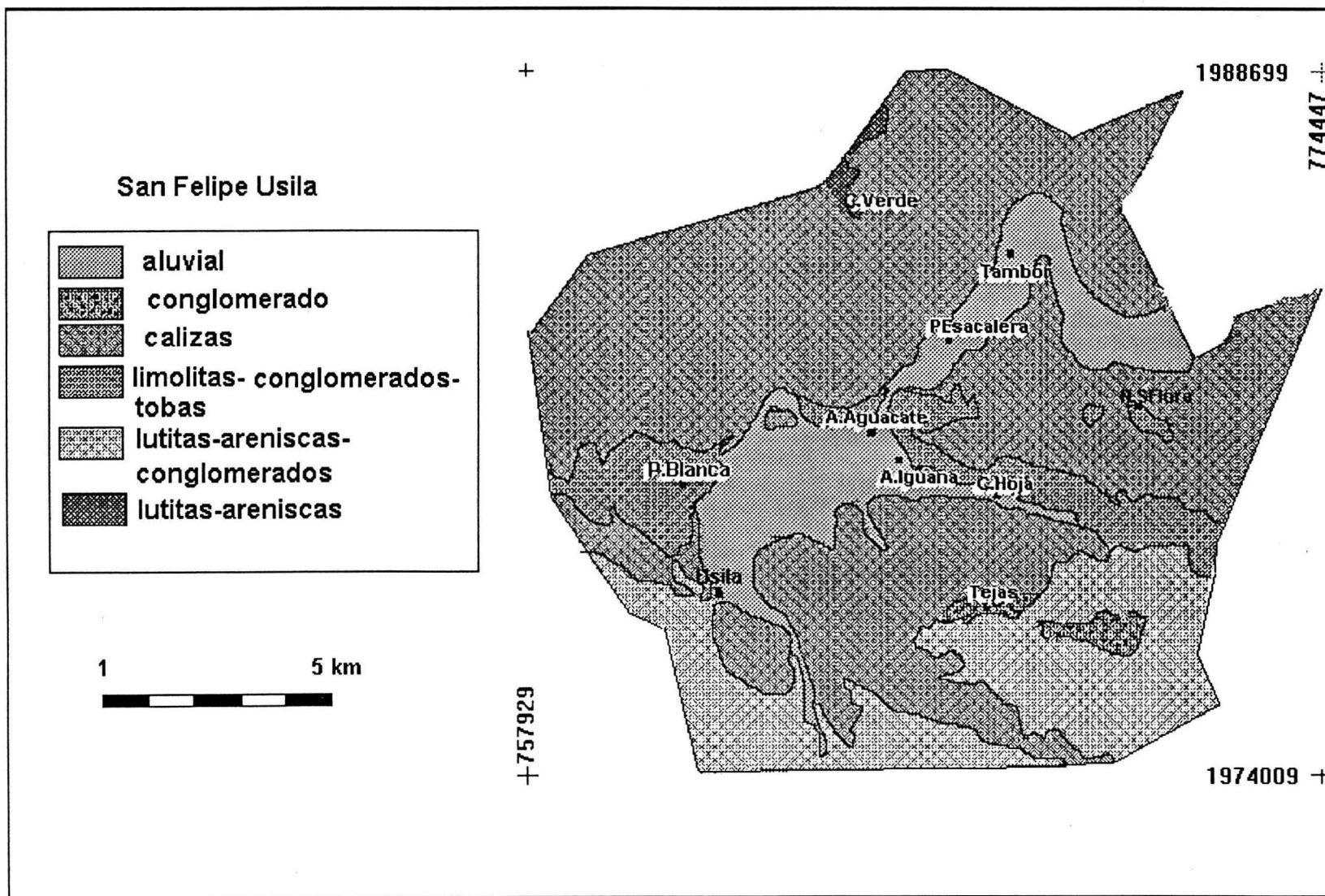
En el caso de la sierra intermedia kárstica, se determinaron las siguientes formas del relieve :

1. Meseta kárstica.- Superficie más o menos plana en la parte superior de una elevación. Originada por la estratificación casi horizontal de las rocas calizas lo cual favorece el intemperismo y



## Mapa 2

## LITOLOGÍA



la acumulación *in situ* del material alterado. El nivel freático es profundo, con gran infiltración de agua.

2. Terraza estructural.- Esta unidad es de menor dimensión que la meseta y es originada por la inclinación de la estratificación que en este caso es suave, de aspecto escalonado, y mayor de  $10^{\circ}$ , y en una posición inferior a la meseta afectada por karsticidad.

3. Dolinas.- Es una forma negativa del relieve kárstico, de forma circular o elíptica, más amplia que profunda con fondo plano. Se origina por disolución, derrumbe o subsidencia.

4. Escarpe.- Se trata de una ladera abrupta de más de  $40^{\circ}$  de inclinación. El escarpe se origina de movimientos tectónicos complementados por caída de bloques y derrumbes. Existen amplios rangos de desnivel que van desde decenas de metros hasta más de 400 m.

5. Cimas.- De forma muy dispersa se presentan superficies cumbresales con aplanamientos, las cuales son más bien derivados de otras unidades que de algún proceso específico, se diferencian por sus reducidas dimensiones y en ellas la disolución juega un papel muy importante.

6. Laderas.- Se originan por la acumulación de material lentamente acarreado, el cual recibe otro tipo de superficies. De acuerdo con el grado de pendiente sólo se consideraron dos clases de laderas:  $<15^{\circ}$  para laderas suaves y entre  $15^{\circ}$  y  $30^{\circ}$  para laderas moderadas. Debido a la dificultad de distinguir las laderas de más de  $30^{\circ}$  éstas se incluyeron dentro de la clase de escarpes.

Para el caso de la Sierra Alta Compleja de materiales terrígenos, se definieron las siguientes unidades:

1. Laderas.- Predominan las laderas fuertes convexas con pendientes mayores de  $30^{\circ}$ , siempre circundadas por barrancas y

talwegs profundos. Hay una fuerte influencia de la denudación y erosión por gravedad, manifiesta en deslizamientos de tierra. En los casos donde aparecen capas de conglomerados de cuarzo, las laderas alcanzan pendientes muy abruptas. Las laderas fuertes están asociadas con fallas y deslizamientos localizadas en materiales terrígenos muy compactos. Las laderas moderadas y suaves se originan por la baja porosidad, baja permeabilidad y el arrastre de partículas; por lo general estas laderas están conformadas por limolitas. Conforme se encuentran materiales más consolidados o metamorfisados, las laderas se vuelven más resistentes y de mayor ángulo.

2. Terraza paleofluvial.- Ocurren en unidades de dimensiones menores, generalmente originadas por dos causas: deslizamiento de materiales y aplanamientos antiguos. En el primer caso se encuentran abundantes coluviones recientemente removidos con alto grado de alteración, en el segundo caso se trata de aluviones antiguos acumulados con niveles de base más altos que los actuales.

3. Cumbres y cimas.- Son superficies alargadas, estrechas y más o menos contiguas conformando una amplia red. Los procesos dominantes son de intemperismo intenso, lo cual forma gruesos espesores de regolita. Se observan en las cumbres fenómenos de reptación de suelos.

Por último, los valles y planicies constituyen unidades mixtas entre los dos grandes bloques litológicos. Se trata de formas negativas del relieve equivalente a una depresión estrecha y alargada formada por procesos acumulativos. Destaca la planicie aluvial del río Usila, la cual se formó sobre una depresión mayor con materiales calcáreos y terrígenos en el subsuelo y materiales aluviales gruesos de relleno. Originalmente el valle se formó por movimientos tectónicos y por disolución a gran escala. Existe una continua destrucción de playas y cambios de cursos del río con la

inestabilidad consecuente de terrazas y planicies. Los valles situados sobre rocas terrígenas son estrechos y con escasa acumulación, por lo tanto de dudosa estabilidad.

El mapa 3 muestra la distribución espacial de las formas del relieve terrestre presentes en la comunidad de Usila. El 54% de la superficie está ocupado por laderas, siendo las laderas medias las más abundantes (34% del total). Destacan los valles, los cuales ocupan el 14% de la superficie, y los escarpes, que ocupan el 10%. El resto de las unidades de terreno (terrazas, dolinas, cimas, lomas y mesetas) ocupan, en conjunto el 21% de la superficie (cuadro 5).

Concepto	Superficie (ha)	Proporción %
Ladera suave	2063.08	12.69
Ladera moderada	5543.2	34.08
Ladera fuerte	1272.16	7.82
Terraza	1156.48	7.11
Escarpe	1730.4	10.64
Dolina	365.08	2.24
Lomas	53.24	0.33
Meseta	830.4	5.11
Cimas	960.68	5.91
Valle aluvial	2288.92	14.07
Total	16263.64	100

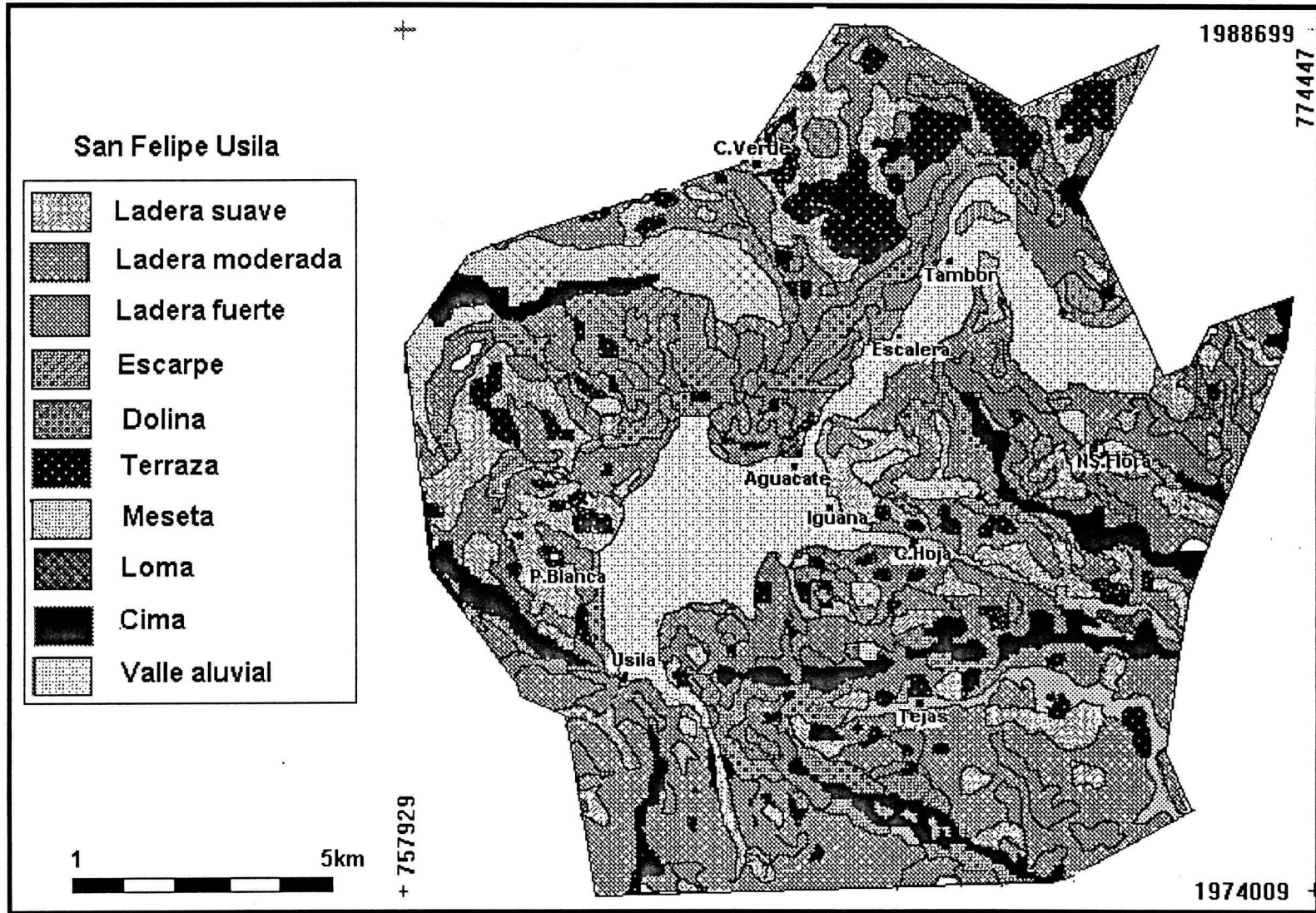
Cuadro 5 Unidades de terreno en Usila Oax.

En resumen, la mayor parte de la zona está dominada por el relieve kárstico (61% de la superficie total), en donde los procesos geomorfológicos predominantes son la disolución de carbonatos y el hundimiento de las rocas calcáreas, las dolinas son un ejemplo de ello. Otros procesos geomorfológicos importantes son la denudación y la erosión laminar presentes en las zonas de bajas pendientes. En los escarpes y laderas fuertes los procesos están dominados por el deslizamiento de tierras y la caída de bloques. Las zonas con mayor equilibrio son las mesetas, las terrazas y las dolinas kársticas. En la medida que se avanza hacia zonas más



Mapa 3

## UNIDADES DE TERRENO



próximas a la Sierra de Juárez (materiales terrígenos), las unidades presentan menor estabilidad como es el caso de la laderas fuertes del sistema SAC en donde la erosión hídrica es detectada por el notable aumento de la densidad del drenaje (cuadro 6).

#### 6.1.5. Suelos

El relieve del terreno, resultado de la interacción de fenómenos tectónicos y erosivos, está en continuo cambio, modificándose en algunos casos y desarrollando nuevos rasgos en otros. La intensidad de los cambios del relieve está en función de las características del substrato geológico subyacente, de las condiciones climáticas presentes y de las características topográficas dominantes.

El estudio de los suelos de la región se desarrolló a partir del análisis pedogenético de las unidades de terreno descritas en el apartado anterior. Como ya se dijo, la dinámica geomorfológica está muy presente, de tal manera que los procesos edafogenéticos están fuertemente influenciados por esta dinámica.

De acuerdo con el estudio de suelos de la Chinantla realizado por H. van der Wal (inédito), los tipos de suelo presentes en la Chinantla se pueden clasificar, de acuerdo a su origen, en seis grupos:

1. Suelos calci-magnésicos (Rendzinas).- Se derivan de una roca madre rica en  $\text{CaCO}_3$  y/o  $\text{MgCO}_3$ . Son suelos típicamente azonales que se pueden desarrollar en diferentes zonas climáticas. Equivalentes a las rendzinas en la clasificación FAO. Estos suelos presentan un perfil de tipo AC, teniendo como principal característica una descarbonatación incompleta. La superficie que ocupan las rendzinas en la región es considerable, si tomamos en cuenta la abundancia de roca caliza.



Unidad	Morfología	Morfometría	Procesos	Dinámica	Localidad ejemplos
Laderas suaves y medias	Recta cóncava, frecuentemente coincidente con la estratificación	Pendiente entre 15 y 30°, baja densidad drenaje, desniveles de 50-300 m	Disolución por fracturas, acumulación de suelos	Moderada, disolución moderada	Nueva Santa Flora, Cerro de Hoja, Peña Blanca
Laderas fuertes	Recta cóncava muy abruptas, fallas y deslizamientos	Pendientes >30°, alta densidad de drenaje, desniveles de >300 m.	Denudación y erosión por gravedad	Deslizamientos de tierra	Camino a Santiago Tlatopusco
Terraza	Planas, levemente inclinadas, posición intermedia.	Long <500 m. Densidad baja disección 0.40-0.80 profundidad <100m	Disolución, colapso y caída de bloques	Disolución ligeramente más intensa	Norte de Cerro Verde
Escarpe	Posición elevada, convexo-rectos, coincidiendo con planos de falla	Pendientes >45°, baja densidad de drenaje, desniveles de 50-300 m	Caída de bloques, acumulación en partes bajas	Dinámica de moderada intensidad.	Cerro Verde, Usila, Tambor Aguacate, Tejas
Dolinas	Diversas posiciones, concavidades elípticas con paredes escarpadas	Fondo plano profundidad variable desde 40 >100 m Baja densidad de drenaje.	Disolución profunda, acumulación en los fondos	Infiltración subterránea, movimiento de masas.	Dispersas por la zona del sistema kárstico
Cima plana	Posición elevada, semi horizontal, levemente cóncava	Dimensiones mayores en una dirección >150 m, pendiente <6°	Disolución y profundización del intemperismo	Infiltración baja desintegración del paisaje	Cerro de Hoyos, NE de Arroyo Iguana
Meseta	Posición elevada y relativamente plana	Longitud >250 m, Densidad de disección baja >0.80, Profundidad del relieve <100 m	Intemperismo químico. Disolución moderada	Disección débil, sólo localizada	Montaña al sur de Cerro Verde
Valles	Depresiones estrechas y alargadas	Planicies de inundación	Acumulación de materiales rodados	Cambios constantes, inestabilidad	Usila, Tejas Arroyo Iguana.

Cuadro 6. Características generales de las unidades de terreno definidas en Usila, Oax.

En la formación de los suelos calci-magnésicos influyen básicamente el tiempo, la composición de la roca madre y la topografía. La textura de estos suelos es arcillosa. El contenido en materia orgánica en el horizonte A es elevado y puede alcanzar el 15% en la superficie; asimismo, el contenido en CaCO<sub>3</sub> activo es elevado en todo el perfil, con tendencia a disminuir hacia la cima del perfil. El contenido en Ca y Mg intercambiables es alto. El pH no llega a niveles muy altos, y no tiene efectos negativos sobre la disponibilidad de nutrientes. Son suelos poco profundos (de 12 a



23 cm en promedio), característica que puede provocar escasez de agua en época de secas. La ubicación de estos suelos en laderas indica que son susceptibles a la erosión, con una fuerte tendencia hacia la inestabilidad. Las rendzinas tiene pocas posibilidades para cultivos como cacao, café y frutales. Este tipo de suelos se utiliza para la siembra de cultivos anuales, con períodos de descanso de 3 a 5 años.

2. Suelos empardecidos.- En las cimas planas, en las dolinas kársticas y laderas moderadas, las rendzinas cambian a suelos calci-magnésicos empardecidos menos humíferos. El contenido de  $\text{CaCO}_3$  activo en los horizontes superficiales es bajo, y éste tiende a ser eliminado rápidamente del perfil. Presentan un horizonte B. La mayoría de estos suelos tienen una textura arcillosa.

Por su ubicación, estos suelos son menos susceptibles a la erosión pero con tendencia hacia la inestabilidad, aunque menos que el anterior y pueden presentar problemas por escasez de agua a los cultivos, tanto anuales como perennes. Aunque tienen posibilidades para cultivos como cacao, café y frutales es necesario un manejo adecuado.

3. Suelos de maduración de humus (Feozems).- Se ubican en laderas moderadas. Presentan una intensa actividad biológica que provoca la generación de una gran cantidad de  $\text{CO}_2$ . Los óxidos de hierro y las arcillas son inmovilizados en agregados por ácidos húmicos. Se caracterizan por tener una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes y una capa de acumulación de arcillas. Estos suelos tienen tendencia a ser inestables. El porcentaje de saturación de bases es alto (más de 80%), siendo calcio el catión de intercambio dominante. Aunque tienen posibilidades para cultivos como café y frutales, es necesario un manejo adecuado. En caso de cultivos anuales no es recomendable su uso durante varios años consecutivos.

4. Suelos poco evolucionados por erosión (Litosoles).- Los suelos poco evolucionados por erosión son característicos de las laderas fuertes en terrígenos, donde el rejuvenecimiento permanente evita un mayor desarrollo del perfil tipo A, poco profundo y rico en materia orgánica. Por las características mencionadas y desde el punto de vista de balance morfoedafológico, estos suelos son inestables.

5. Suelos ferruginosos (Lateríticos).- En los suelos ferruginosos la mayoría de las arcillas son caolinitas. La presencia de las caolinitas tiene como consecuencia que la capacidad de intercambio catiónico sea más baja. La mayor parte de los nutrientes de estos suelos se encuentran formando parte de la materia orgánica. Dado que el contenido de materia orgánica baja rápidamente en suelos bajo cultivo, si no se toman medidas para mantenerlo a nivel, disminuye generalmente la fertilidad química, además de que ocurren procesos de deterioro físico. Cuando el contenido en arcillas los suelos ferruginosos es alto pueden presentar problemas de drenaje, y condiciones anaeróbicas temporales en la parte superior del perfil. El problema más fuerte de los suelos ferruginosos es su acidez, que puede causar deficiencias en micro y macronutrientes, y problemas de toxicidad de Aluminio y Manganeso.

6. Suelos poco evolucionados por aporte (Fluvisoles).- Son suelos que se localizan en las planicies aluviales y que se forman a partir del arrastre y depósito de las corrientes de los ríos. Por tal razón, están constituidos de materiales disgregados que no presentan estructura en terrones; son suelos muy poco desarrollados. Por lo general presentan capas alternadas de arena, arcilla, limo y grava.

Los suelos aluviales tienen buenas características agronómicas y son los más fértiles en la región, con un potencial de uso muy importante, cuya única limitante la constituye el peligro de las

inundaciones. Rasgos comunes de estos suelos son la presencia permanente de una capa freática con fuertes oscilaciones en su nivel. En valles cerrados, debido al constante rejuvenecimiento su espesor llega a ser hasta de 150 cm. Están muy influenciados por el tipo de material transportado, que por lo general ha sido sujeto a la intemperización antes del transporte. Conforme al balance morfoedafológico, estos suelos tienen características penestables.

En el cuadro 7 se resumen el origen, su localización y las principales características de los suelos de la comunidad.

Tipo de suelo	Origen	Localización	Propiedades	Aptitud de uso	Limitantes
1 Calcimagnésicos (Rendzinas)	Calizas	Laderas suaves y medias	Perfil tipo AC, el contenido de materia orgánica, Ca y Mg es elevado. Rico en macronutrientes, pH neutro, poco profundos (12-23 cm).	Cultivos anuales con periodos de descanso de 3 a 5 años. Vegetación original	Escasez de agua. Suceptibles a la erosión. Tendencia hacia la inestabilidad.
2 Empardecidos	Calizas	Cimas planas, mesetas, terrazas dolinas	Perfil tipo ABC, alto contenido de materia orgánica y Ca y Mg alto sin $\text{CaCO}_3$ libre. tendencia hacia la estabilidad	Cultivos anuales (2 ciclos) y cultivos perenes	Agua
3 Con maduración de humus (Feozems)	Calizas	Laderas suaves, lomas y valles	Perfil tipo ABC, alto contenido de materia orgánica y de nutrientes. Estables	Cultivos anuales (2 ciclos) y cultivos perennes.	Erosión y pérdida de nutrientes por uso intenso.
4 Poco evolucionados por erosión (Litosols)	Calizas Terrígenos	Laderas fuertes, escarpes	No presentan horizontes de diagnóstico, sólo un horizonte A ócrico. Pobres en materia orgánica y poco profundos.	Vegetación original	Pendientes fuertes baja fertilidad tendencia hacia la inestabilidad.
5 Feruginosos (Lateríticos)	Terrígenos	Laderas suaves, terrazas, mesetas, cimas	Perfil tipo ABC, arcillas con baja C.I.C. Nutrientes contenidos en la materia orgánica. Baja fertilidad.	Vegetación original cultivos perenes.	Lavado de nutrientes problema de drenaje de acidez. Tend. hacia inestabilidad
6 Poco evolucionados por aporte. (Luvissols)	Mixto	Valles	Perfil tipo AC, capa freática con pocas oscilaciones en profundidad hasta 150 cm.	Cultivos anuales (2 ciclos) cultivos perenes.	Riesgo de inundación y tendencia a la inestabilidad

Cuadro 7 Características generales de los suelos de Usila, Oax.

### 6.1.6. Clima

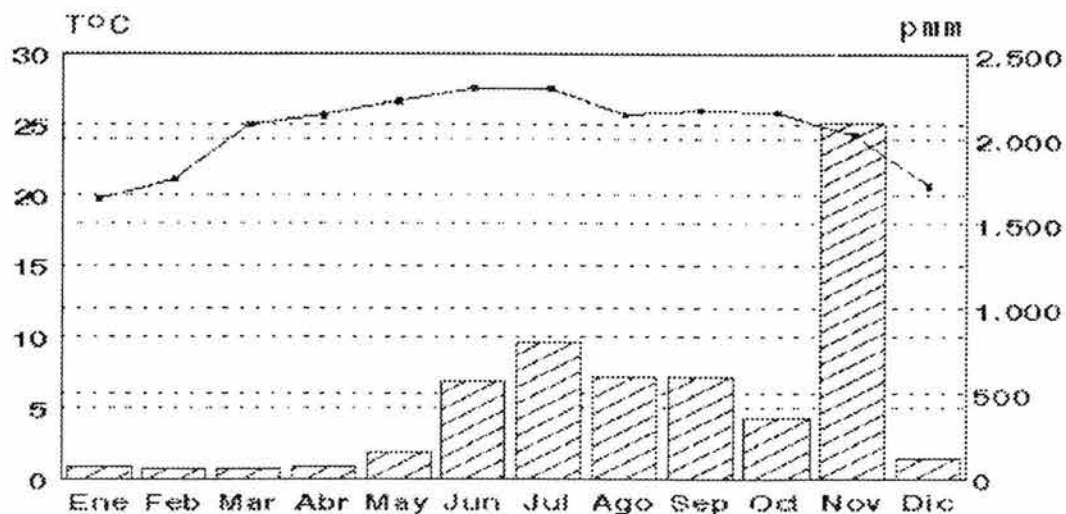
Según los datos de la estación meteorológica de Usila, ubicada en la cabecera municipal a una altitud de 117 m.s.n.m., el clima, de acuerdo con la clasificación de Köeppen modificada por García (1964) es de tipo Am(w)(i)g, es decir, cálido subhúmedo con lluvias en verano.

#### a) Temperatura

Los datos de la estación de Usila, muestran que la temperatura promedio anual es de 24.2°C. Las temperaturas mínimas extremas pueden alcanzar los 8°C en los meses de diciembre y enero y las máximas extremas llegan hasta los 40°C en los meses de mayo a julio. Las temperaturas son siempre altas y los promedios mensuales tienen una variación de 7.9°C entre el mes más frío y el mes más caliente. El mes de mayor temperatura es junio (27.6°C) y el mes más frío es enero (19.7°C). La variación mensual de la temperatura define un período muy caliente que abarca los meses de marzo a noviembre, en los cuales la temperatura se mantiene por arriba de los 25°C, y otro período menos caliente que abarca los meses de diciembre a febrero en donde la temperatura oscila entre los 19.7 y los 21.7°C (Figura 5).

Dado lo accidentado del terreno, el clima se vuelve más fresco a medida que el terreno se eleva, A altitudes mayores a los 600 m.s.n.m. se presentan climas más frescos de tipo semicálido. Más arriba de los 1000 msnm el clima cambia a uno de tipo templado.

Con el fin de precisar los diferentes pisos térmicos se realizó una regresión entre la altura sobre el nivel del mar y la temperatura media anual de 20 estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del Papaloapan (Cuadro 6). El valor de la pendiente obtenida se extrapoló a la base de datos geográfica del SIG, obteniéndose un mapa de isotermas (Mapa 4).



**Figura 5 Climograma pp/temp. estación Usila.  
a.s.n.m. 110m.**

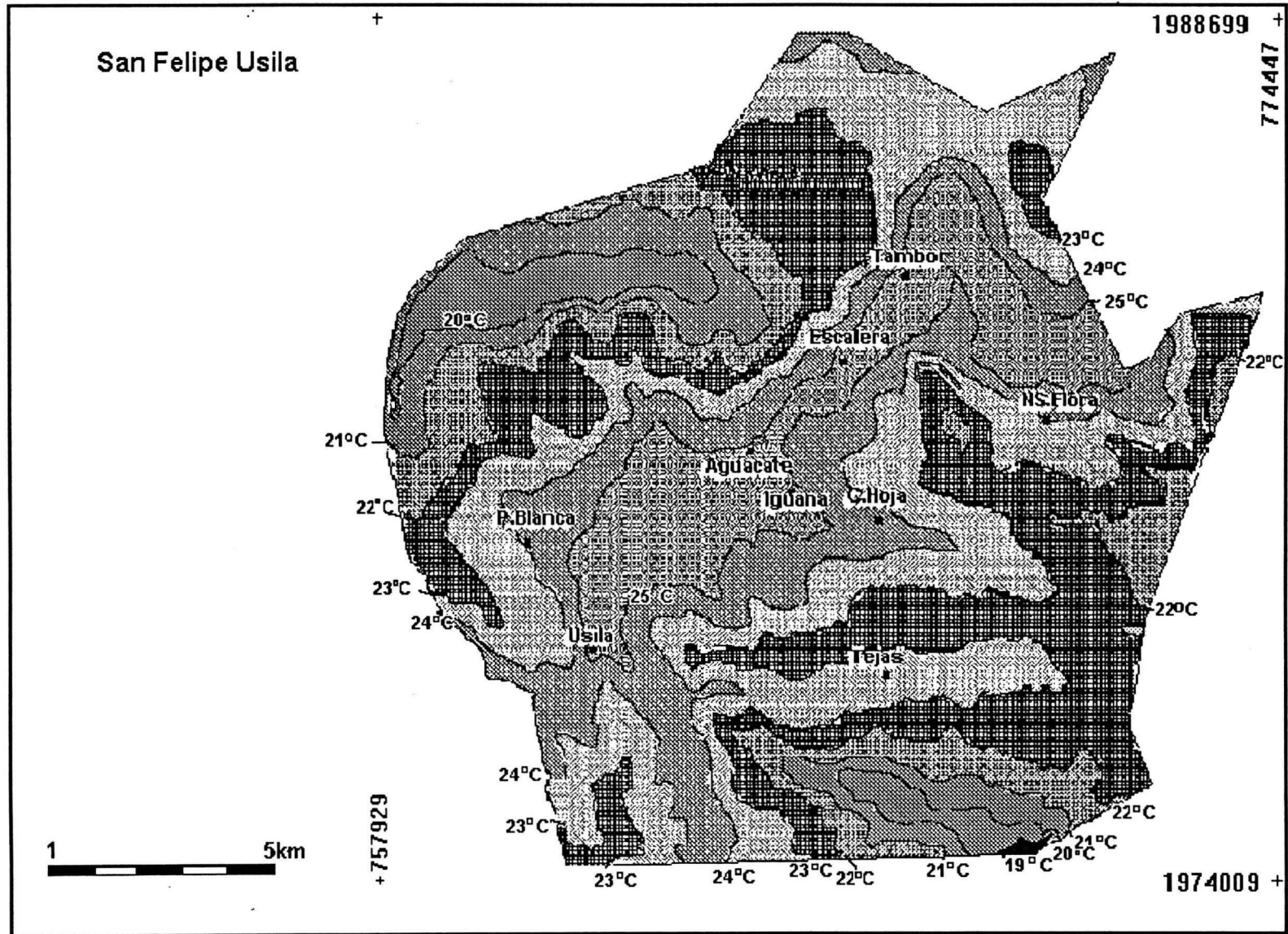
No	Estación	Latitud (° N)	Longitud (° W)	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación media anual (mm)	Temperatura media anual (°C)
1	Ayautla	18.03	96.39	733	3450	20.96
2	Betania	17.58	96.02	100	2325	25.07
3	Cantón	18.01	96.16	42	3650	24.15
4	El porvenir	18.10	96.13	12	2040	nd
5	Huautla	18.07	96.50	1714	2704	17.11
6	Ixcatlán	18.09	96.30	150	3486	24.18
7	La estrella	17.55	96.26	120	4900	25.02
8	Las margaritas	18.15	96.18	20	1997	25.85
9	Loma bonita	18.06	95.36	25	1875	nd
10	Ojitlán	18.03	96.25	120	3310	24.51
11	Otatitlán	18.11	96.02	10	1905	25.33
12	San. Lucas	17.51	96.22	233	4180	21.66
13	Sto. Domingo	18.03	96.33	95	3730	25.72
14	Soyaltepec	18.12	96.29	200	3294	nd
15	Tehuítla	17.59	96.43	1338	2269	18.82
16	Temascal	18.14	96.25	80	2756	24.46
17	Tenengo	18.10	96.44	1050	4980	23.03
18	Tuxtepec	18.05	96.08	19	2320	24.68
19	Usila	17.53	96.31	117	3710	24.20
20	V. Nacional	17.47	96.19	65	3840	24.27

**Cuadro 8 Características generales de las estaciones meteorológicas del Papaloapan.**



# Mapa 4

## Temperaturas Medias Anuales





De acuerdo con el Mapa 4 el gradiente térmico de Usila va desde más de 25°C en el valle aluvial, hasta menos de 19°C en las partes altas de la meseta kárstica al oeste de Cerro Verde y en Cerro de Hoyos al sur de Usila.

## B) Precipitación

Las lluvias ocurren todo el año, aunque se concentran en un período de alta precipitación que abarca ocho meses (mayo a diciembre) con el 92% del valor total. El resto se distribuye en un período de secas de cuatro meses que va de enero a abril, en los cuales la precipitación mensual varía de 60 mm en los meses más secos (febrero y marzo) hasta 80 mm en enero (Fig. 5).

Con base en los datos de las estaciones meteorológicas de la cuenca (Cuadro 8), se construyó un mapa de isoyetas (López Paniagua inédito) el cual muestra que las precipitaciones promedio ocurren entre un intervalo de 3700 mm en Usila hasta 4900 mm en Caracol Estrella al noreste de Usila (Mapa 5).

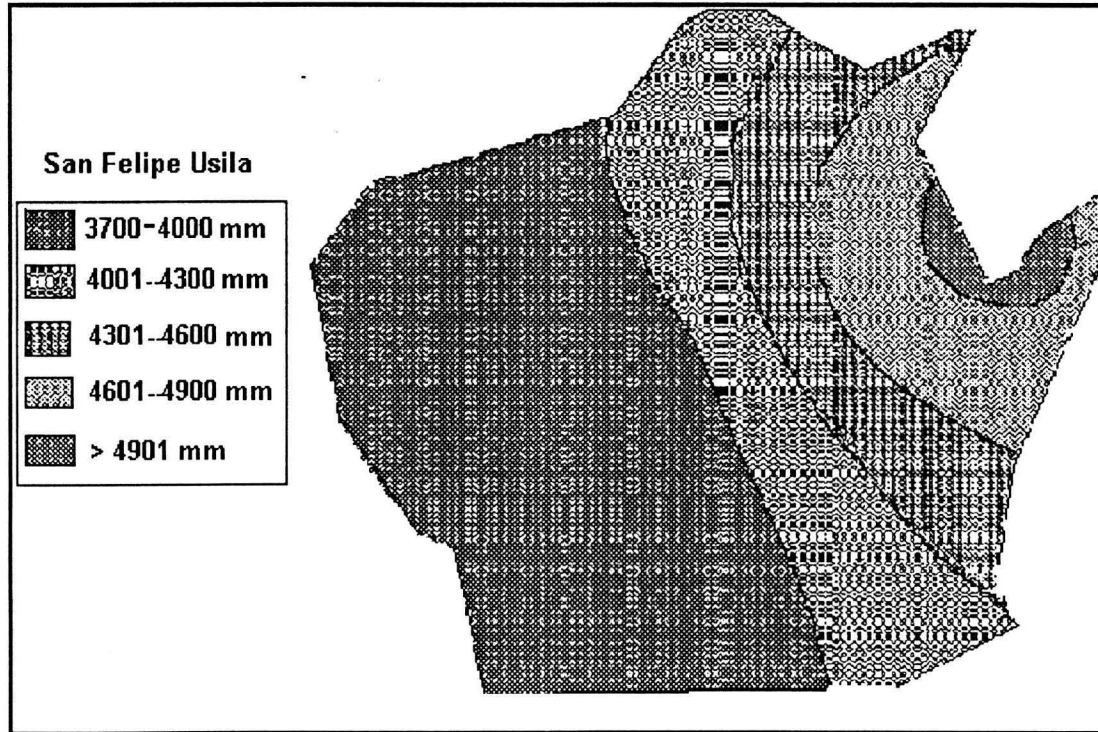
### 6.1.7. Vegetación

Los diferentes tipos de vegetación presentes en la comunidad muestran ciertas afinidades con la altitud sobre el nivel del mar, el sustrato geológico, la geoforma y el tipo de suelo. El mapa 6 muestra la distribución espacial de los principales tipos de vegetación característicos de Usila y el Cuadro 9 muestra la superficie que ocupa cada uno de éstos:

La selva alta perennifolia ocupa el 23% del total de la superficie comunal), La selva alta subperennifolia el 7%, el bosque mesófilo de montaña el 9%, el bosque de encino el 4%, el bosque de pino 4% y, la vegetación sabanoide el 0.1%. La vegetación secundaria está representada por acahuales de diferentes estadios de sucesión, distinguiéndose dos tipos generales: a) acahuales de más de 5 años de edad, los cuales ocupan el 23% de la superficie y, b) la



**Mapa 5      Precipitación Media Anual**



agricultura de roza, tumba y quema (r-t-q) incluyendo acahuales jóvenes de menos de 5 años de edad, la cual ocupa el 16% de la superficie comunal.

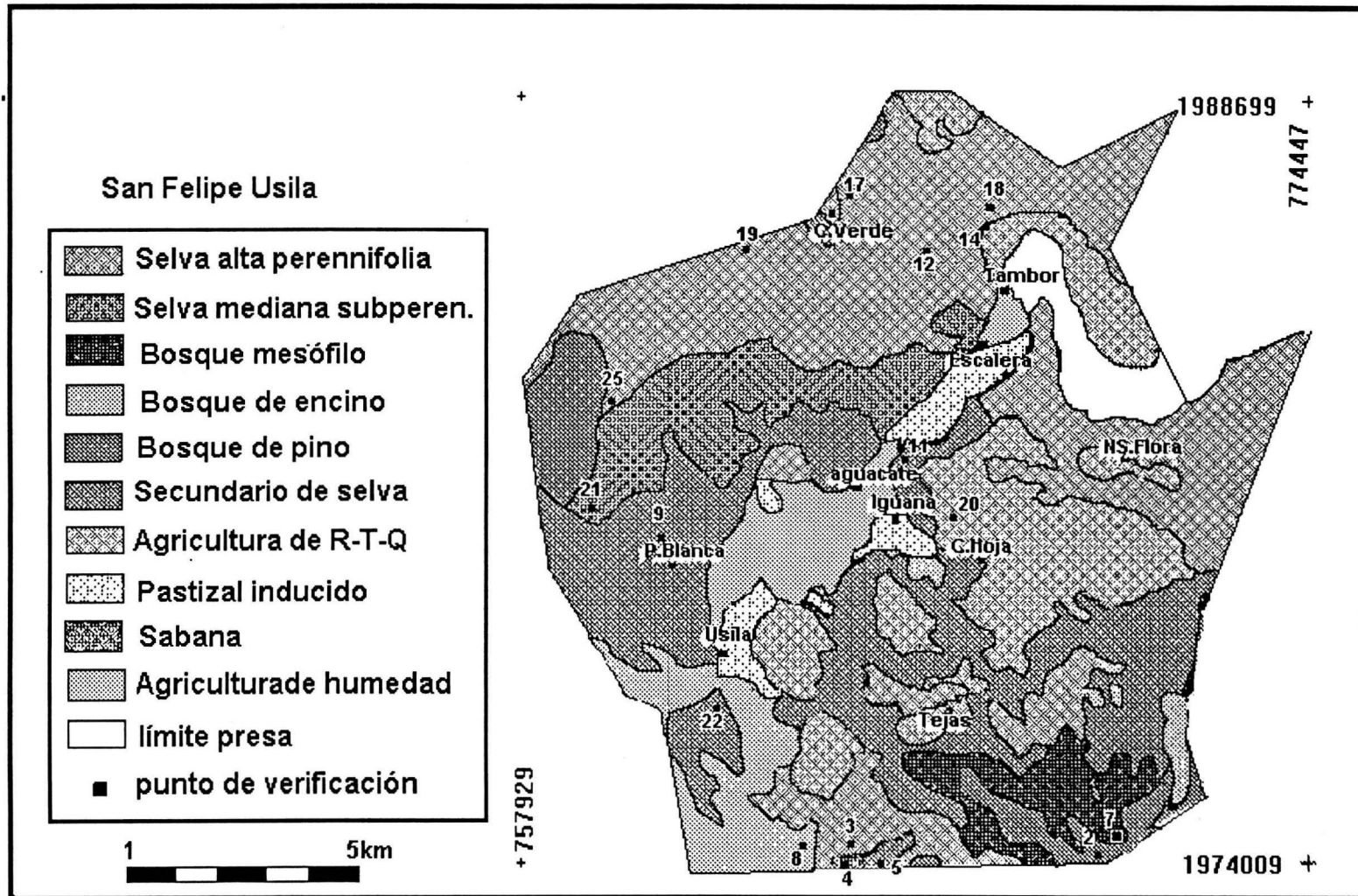
Tipo de vegetación	Superficie (ha)	Proporción (%)
Selva alta perennifolia	4 145,56	25,47
Selva alta subperennifolia	1151,40	7,07
Bosque mesófilo de montaña	1498,48	9,20
Bosque encino	694,80	4,27
Bosque pino	640,92	3,94
Vegetación secundaria	3736,76	22,95
Roza- tumba - quema	2563,96	15,75
Vegetación Sabanoide	10,68	0,07
Presa	464,72	2,85
Agricultura de humedad	723,64	4,45
Pastizal	648,28	3,98
Total	16 279,20	100,00

Cuadro 9 Tipos de vegetación y uso del suelo en Usila Oax.

1. Selva alta perennifolia.- De acuerdo con la altitud, la litología, la geoforma y el tipo de suelo, la dominancia de ciertas especies arbóreas varía. Por ejemplo, en altitudes no mayores de 600 m.s.n.m., en litología de limolitas, areniscas ó conglomerados con suelos ferruginosos la selva alta perennifolia está dominada por el sombrerete, *Terminalia amazonia* (Punto de colecta 3 del Mapa 6). Por su parte, en altitudes de hasta 1200 msnm en las cimas, terrazas y laderas suaves kársticas y en suelos más o menos desarrollados (empardecidos) se desarrolla una selva alta perennifolia de montaña muy diversa, sin aparente dominancia de alguna especie en particular, (puntos de colecta 14, 12, 18 y 19 del Mapa 6) destacan: *Quararibea funebris*, *Quararibea* sp., *Coccoloba* sp., *Bernoullia flamnea.*, *Licaria* sp. y *Ulmus mexicana*.

Mapa 6

## Vegetación y Uso del Suelo



2. Selva alta subperennifolia.- Se encuentra asociadas a los escarpes y laderas fuertes kársticas en altitudes máximas de 800 msnm (puntos de colecta 10 y 21 del Mapa 6), en suelos de poco desarrollo (rendzinas). Estas selvas están dominadas por *Brosimum alicastrum* y *Ampelocera hottlei*.

3. Bosque mesófilo de montaña.- Se le encuentra a partir de los 600 m.s.n.m. en laderas moderadas y fuertes de la sierra alta compleja en litología de limolitas, areniscas y/o conglomerados con suelos ferruginosos (lateríticos). Las especies dominantes de este tipo de vegetación son (puntos de colecta 1, 15 y 16 del Mapa 6): *Liquidambar macrophylla*, *Hedyosmum mexicanum* y *Brunellia mexicana*.

4. Bosque de encino.- Se le encuentra en altitudes menores de 600 m.s.n.m. Ocupa preferentemente las laderas de fuerte inclinación de la sierra alta compleja en litología de limolitas, areniscas, y/o conglomerados y con suelos muy delgados con deficiencia de humedad (lateríticos). La especie dominante es *Quercus glaucescens*, acompañada de *Liquidambar macrophylla*, *Clethra* sp., *Vismia camparaguey*, *Croton draco*, (punto de colecta 8 del Mapa 6).

5. Bosque de pino. Hacia las partes altas de la sierra alta compleja (>1200 m.s.n.m.), en las lomas y cimas el tipo de vegetación característico es el bosque de Pino dominado por *Pinus chiapensis* (punto de colecta 2 y 7 del 6).

6. Vegetación secundaria.- Esta vegetación es el resultado de la intervención humana. Dependiendo del uso del suelo y de su intensidad, la vegetación secundaria que se establece es de diferentes tipos:

a) Acahual.- Si se trata de un uso agrícola, principalmente bajo el sistema de producción de roza, tumba y quema, el tipo de vegetación característico se le conoce como "acahual". el cual,

dependiendo de los años de descanso de la tierra puede ser "tierno" (con períodos de descanso menores a cinco años) ó "maduro" (con períodos de descanso mayores a cinco años). En los achuales tiernos la vegetación está dominada por *Iresine celosia*, *Acalypha diversifolia* Piper sp., entre otras (punto de colecta 13 del Mapa 6), En los achuales maduros la vegetación está dominada por *Alchornea latifolia*, *Inga sapindioides*, *Tabernamontana alba*, *Vismia camparaguey*, *Luhea speciosa*, *Miconia aff. impetialaris*, entre otras (puntos de colecta 14, 11 y 6 del Mapa 7). En achuales maduros pero con más de 15 años las especies dominantes son: *Persea schiedeana*, *Inga sapindioides*, *Theobroma bicolor*, *Dalbergia tucurensis*, *Annona purpurea*, *Rhychospora radicans*, *Cyperus laxus*, *Eleocharis elegans*, *Trophis* sp., y *Vochysia guatemalensis*, entre otras (punto de colecta 6 del Mapa 6).

b) Vegetación sabanoide.- En suelos ferruginosos con un excesivo disturbio, provocado principalmente por actividades ganaderas o, por la quema de la vegetación original (selva de sombrerete o encinares) ésta se sustituye por una asociación con características sabanoides, con especies tales como: *Curatella americana*, *Cochlospermum vitifolium*, *Pteridium aquilinum* y *Byrsonima crassifolia* (punto de colecta 3 del mapa 6). Cuando esta vegetación es dominada por la especie *Tripsacum maizai*, conocida localmente como "camalote", la vegetación sabanoide se le denomina "camalotal". De igual manera cuando la dominancia está dada por el helecho *Pteridium aquilinum*, la vegetación sabanoide se le conoce como "crespillar".

## 6.2. Definición de las unidades ambientales

### 6.2.1. Unidades geomorfológicas

Se obtuvieron 37 unidades distintas clasificadas de acuerdo al tipo de litología subyacente (Cuadro 10). No obstante que existe un

Litología	Unidades de terreno	Clave	Superficie (ha)	Proporción (%)
calizas	ladera suave	ls-c lz	1239,72	7,61
	ladera moderada	lm -c lz	3211,16	19,72
	ladera fuerte	lf-c lz	978,44	6,01
	escarpe	es-c lz	1714,36	10,53
	terraza	ter-c lz	848,16	5,21
	loma	lom -c lz	23,44	0,14
	meseta	mes-c lz	827,04	5,08
	dolina	dol-c lz	322,40	1,98
	cima	cim -c lz	769,64	4,73
suma			9934,36	60,99
limolita - conglomerado y tobas	ladera suave	ls-lim -c g-t	538,56	3,31
	ladera moderada	lm -lim -c g	431,80	2,65
	ladera fuerte	lf-lim -c g	29,88	0,18
	escarpe	es-lim -c g	3,08	0,02
	terraza	ter-lim -c g	150,72	0,93
	loma	lom -lim -c	14,52	0,09
	meseta	mes-lim -c	2,24	0,01
	dolina	dol-lim -c g	34,00	0,21
	cima	cim -lim -c	4,56	0,03
suma			1209,36	7,43
lutitas-areniscas y conglomerados	ladera suave	ls-lu-ar-c g	145,32	0,89
	ladera moderada	lm -lu-ar-c	1871,84	11,49
	ladera fuerte	lf-lu-ar-c g	255,68	1,57
	terraza	ter-lu-ar-c	100,60	0,62
	loma	lom -lu-ar-	15,24	0,09
	meseta	mes-lu-ar	1,12	0,01
	dolina	dol-lu-ar-c	8,68	0,05
	cima	cim -lu-ar-	186,48	1,14
	valle	vall-lu-ar-	217,92	1,34
suma			2802,88	17,21
lutitas y areniscas	Ladera suave	ls-lu-ar	7,88	0,05
	ladera moderada	lm -lu-ar	0,96	0,01
	ladera fuerte	ls-lu-ar	51,76	0,32
	Terraza	tr-lu-ar	6,80	0,04
	loma	lom -lu-ar	0,04	0,00
suma			67,44	0,41
conglomerados	Ladera suave	ls-c g	108,36	0,67
	ladera moderada	lm -c g	3,64	0,02
	terraza	ter-c g	47,88	0,29
	valle	vall-c g	3,00	0,02
suma			162,88	1,00
aluvial	valle	valle -a l	2110,48	12,96
Total			16287,40	100,00

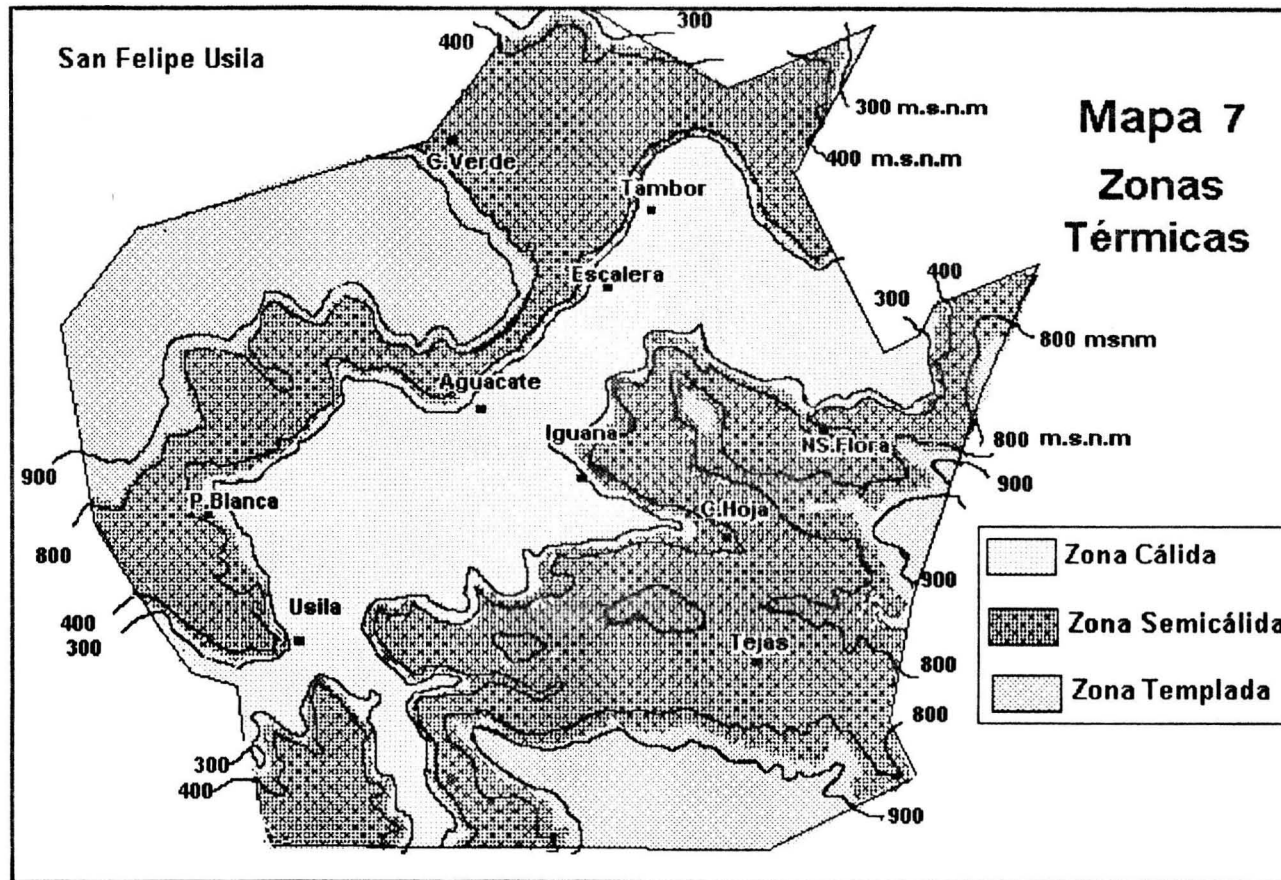
Cuadro 10 Unidades geomorfológicas en Usila, Oax.

número considerable de unidades geomorfológicas, solamente cuatro de ellas tienen una representación relativamente más importante con respecto a la superficie total; se trata de la ladera moderada con litología de calizas, la cual ocupa 3211 ha que significan casi el 20%; el valle aluvial el cual ocupa 2110,48 ha que significa el 13%, la ladera moderada con litología de lutitas areniscas y conglomerados con el 12% y el escarpe con el 11%. Este hecho es de suma importancia para la agricultura toda vez que determina el paisaje característico de la región, es decir una agricultura de roza-tumba-quema en las laderas de los cerros limitados por escarpes y una agricultura de humedad (interrumpida por pastizales) en el valle.

#### 6.2.2. Zonas térmicas

Las zonas térmicas fueron definidas de acuerdo con la fenología de 3 cultivos: cacao, vainilla y café. En el caso del cacao, el intervalo de temperatura considerado más adecuado para este cultivo está entre los 25 y 24°C (Hardy, 1961). En las condiciones de Usila, este intervalo se encuentra entre las cotas altitudinales de 100 m.s.n.m. y los 350 m.s.n.m. Esta zona se denominó zona cálida. En el caso de la vainilla, la temperatura mínima en la cual es posible realizar con éxito este cultivo es de 22°C (Purseglove, *et al*, 1981), por lo cual se utilizó como el límite inferior de la siguiente zona térmica, ubicado en la cota altitudinal de 850 m.s.n.m. Esta zona se denominó zona semicálida. Por último, el cultivo del café de buena calidad se realiza entre los intervalos de temperatura comprendidos entre los 22°C y 18°C (Barros y Maestri, 1977), que en Usila comprende la zona entre las cotas altitudinales de 850 m.s.n.m. y más de 1400 m.s.n.m. Esta zona se denominó zona templada (ver cuadro 11 y mapa 7).





Concepto	Intervalo °C	Area(ha)	Proporción (%)	Limites altitudinales
Zona cálida	25-24	4631.08	28	100 - 350 m.s.n.m
Zona semicálida	23.9-22	8232.36	51	351- 850 m.s.n.m.
Zona templada	21.9 - 18	3423.96	21	851- 1400 m.s.n.m.
Total		16287.40	100	

Cuadro 11. Clasificación del territorio de Usila, Oax. por zona térmica

### 6.2.3. Unidades ambientales

#### a). Zona cálida

El valle aluvial es la unidad ambiental que ocupa la mayor superficie con el 44% del total (Cuadro 12). Las actividades agrícolas de carácter intensivo con dos ciclos agrícolas al año son las que se desarrollan en esta unidad, aunque cabe señalar que la ganadería extensiva ha ido ocupando una mayor superficie desplazando a la agricultura. También es importante señalar que la inestabilidad que provoca el curso del río ha provocado frecuentes cambios de curso y deslaves, todo ello ha causado una disminución de la superficie agrícola disponible y una mayor presión sobre los terrenos de ladera.

Las unidades ambientales con litología de calizas ocupa el 39% de esta zona (Cuadro 12). Como se explica más adelante, los terrenos con roca caliza y en especial los situados por abajo de los 400 m.s.n.m. son los que preferentemente se ocupan para la siembra de maíz de temporal, sin embargo, los terrenos calizos con pendientes suaves, más adecuados para la práctica de roza-tumba-quema, sólo ocupan el 3% de la superficie total. En contraste, las laderas moderadas y fuertes y el escarpe ocupan el 19%, el 6% y el 6%, respectivamente (ver Figura 6). En conjunto estas unidades ocupan el 32% de la superficie de esta zona.

Por su parte las unidades ambientales con litología de limolitas, conglomerados y tobas ocupan sólo el 10% (Cuadro 12). Es importante señalar que este tipo de unidades ambientales tienen una preferencia debido a que predominan las laderas suaves, lomas y terrazas, propias para una agricultura intensiva (ver figura 6).

clave	zona cálida		zona semicálida		zona templada		total
	area (ha)	Proporción %	area (ha)	Proporción %	area (ha)	Proporción %	
ls-clz	149,92	3,24	766,00	9,30	323,80	9,46	1239,72
lm-clz	892,72	19,28	1666,52	20,24	651,92	19,04	3211,16
lf-clz	289,56	6,25	601,96	7,31	86,92	2,54	978,44
es-clz	299,76	6,47	956,20	11,62	458,40	13,39	1714,36
ter-clz	56,36	1,22	692,40	8,41	99,40	2,90	848,16
lom-clz	1,36	0,03	22,08	0,27			23,44
mes-clz	66,40	1,43	158,92	1,93	601,72	17,57	827,04
dol-clz	50,56	1,09	168,48	2,05	103,36	3,02	322,40
cim-clz			379,80	4,61	389,84	11,39	769,64
suma	1806,64	39,01	5412,36	65,74	2715,36	79,30	9934,36
ls-lim-cg-to	233,16	5,03	285,56	3,47	19,84	0,58	538,56
lm-lim-cg-to	109,16	2,36	286,92	3,49	35,72	1,04	431,80
lf-lim-cg-to	26,28	0,57	3,60	0,04			29,88
es-lim-cg-to	0,32	0,01	2,76	0,03			3,08
ter-lim-cg-to	63,16	1,36	87,56	1,06			150,72
lom-lim-cg-to	14,20	0,31	0,32	0,00			14,52
mes-lim-cg-to	1,88	0,04	0,36	0,00			2,24
dol-lim-cg-to			34,00	0,41			34,00
cim-lim-cg-to			4,08	0,05	0,48	0,01	4,56
suma	448,16	9,68	705,16	8,57	56,04	1,64	1209,36
ls-lu-ar-cg	33,64	0,73	66,84	0,81	44,84	1,31	145,32
lm-lu-ar-cg	232,96	5,03	1158,08	14,07	480,80	14,04	1871,84
lf-lu-ar-cg	37,88	0,82	116,36	1,41	101,44	2,96	255,68
ter-lu-ar-cg	12,52	0,27	78,64	0,96	9,44	0,28	100,60
lom-lu-ar-cg			15,24	0,19			15,24
mes-lu-ar-cg			0,88	0,01	0,24	0,01	1,12
dol-lu-ar-cg			7,60	0,09	1,08	0,03	8,68
cim-lu-ar-cg			177,20	2,15	9,28	0,27	186,48
vall-lu-ar-cg	13,92	0,30	204,00	2,48			217,92
suma	330,92	7,15	1824,84	22,17	647,12	18,90	2802,88
ls-lu-ar	0,52	0,01	1,92	0,02	5,44	0,16	7,88
lm-lu-ar			0,96	0,01			0,96
lf-lu-ar			51,76	0,63			51,76
tr-lu-ar			6,80	0,08			6,80
lom-lu-ar			0,04	0,00			0,04
suma	0,52	0,01	61,48	0,75	5,44	0,16	67,44
ls-cg			108,36	1,32			108,36
lm-cg			3,64	0,04			3,64
ter-cg			47,88	0,58			47,88
vall-cg			3,00	0,04			3,00
suma	0,00	0,00	162,88	1,98	0,00	0,00	162,88
valle-al	2044,84	44,15	65,64	0,80	0,00	0,00	2110,48
total	4631,08	100,00	8232,36	100,00	3423,96	100,00	16287,40

Cuadro 12

Clasificación de las Unidades de Terreno por litología y zona térmica

Las unidades ambientales con litología de lutitas, areniscas y conglomerados ocupan el 19%, dominan las laderas moderadas, mismas que ocupan el 5% de la superficie total (ver Figura 6); en tanto que las unidades con litología de lutitas y areniscas y litología de conglomerados casi no tienen representación en la zona cálida.

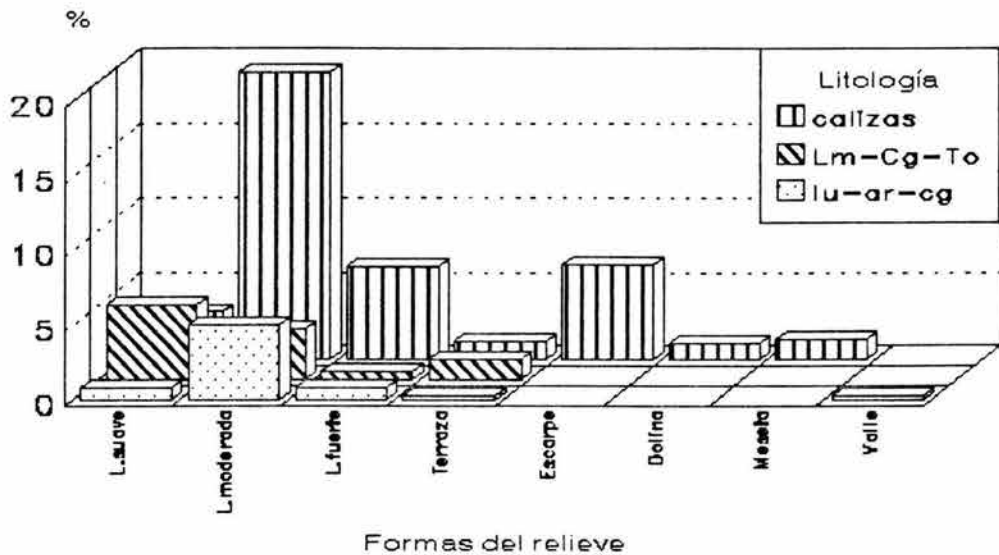


Figura 6 Participación relativa de las unidades ambientales en la zona cálida de Usila, Oax.

#### b). Zona semicálida

Esta zona es la que ocupa la mayor superficie de los terrenos comunales de Usila y precisamente las unidades ambientales con litología de calizas son las que predominan en esta zona con el 66% del total (Cuadro 12). Las laderas suaves presentan una importancia relativamente mayor que en la zona cálida, es decir ocupan el 9% del total; en tanto que las laderas moderadas, fuertes y el escarpe ocupan el 20%, 7% y 12%, respectivamente. Es decir un total de 39% de la superficie total de la zona semicálida (ver Figura 7). Cabe destacar las superficies que ocupan la terraza, meseta, dolina y cimas, las cuales en conjunto representan 17% de la superficie total. Este hecho tiene

importancia desde el punto de vista agrícola ya que estas unidades son utilizadas para la agricultura.

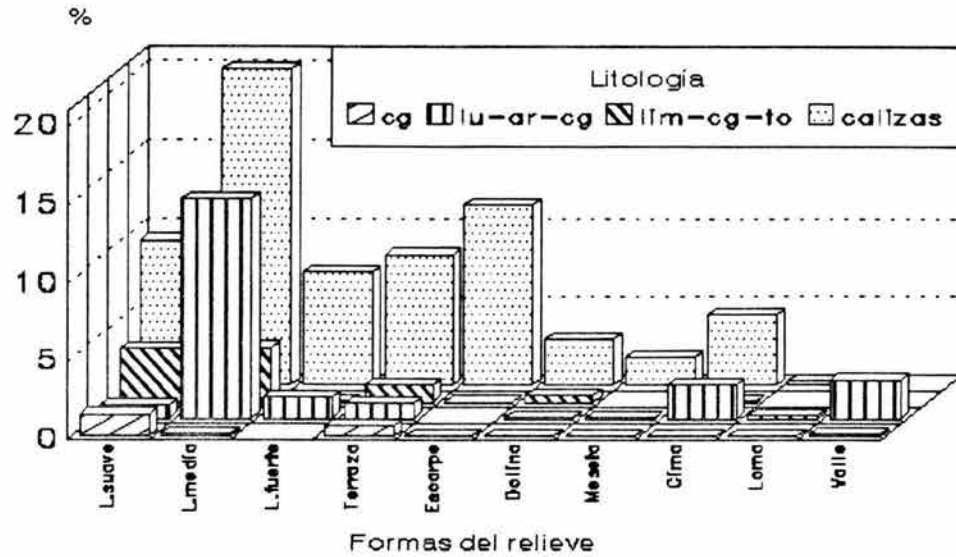


Figura 7. Participación relativa de las unidades ambientales en la zona semicálida de Usila, Oax.

Respecto a las unidades ambientales son litología de limolitas, conglomerados y tobas se tiene que ocupan una mayor superficie que en la zona cálida, sin embargo relativamente presentan la misma proporción con el 9,57% de la superficie total de la zona semicálida. Las unidades mejor representadas son las laderas moderadas y las laderas medias, las cuales ocupan el 3% cada una (Figura 7).

Las unidades ambientales con litología de lutitas, areniscas y conglomerados están mejor representadas en la zona semicálida ya que ocupan el 22% de la superficie total. Sin embargo, las formas de relieve predominantes son las laderas medias, lo que constituye una limitante para las actividades agrícolas (Figura 7).

De igual manera. las unidades ambientales con litología de conglomerados, tiene una mejor representación en esta zona ocupando el 2% del total de la zona semicálida. siendo las laderas suaves la unidad mejor representada (Figura 7).

### C). Zona Templada

Esta zona es la que ocupa una menor superficie de los terrenos de comunales de Usila y las unidades ambientales con litología de calizas son las que predominan con el 79% del total. Las laderas suaves presentan una importancia relativamente mayor que en las zonas anteriores, es decir ocupan el 9% del total. En tanto, las laderas moderadas y fuertes y el escarpe ocupan el 19%, 2% y 13%, respectivamente, es decir un total 34% de la superficie total de la zona templada (ver Figura 8). Las superficies que ocupan la terraza, meseta, dolina y cimas, en conjunto representan el 35% de la superficie total.

Respecto a las unidades ambientales con litología de limolitas, conglomerados y tobas tenemos que ocupan una menor que en las zonas anteriores. Las unidades mejor representadas son las laderas suaves y moderadas, las cuales ocupan el 1% respectivamente (ver Figura 8).

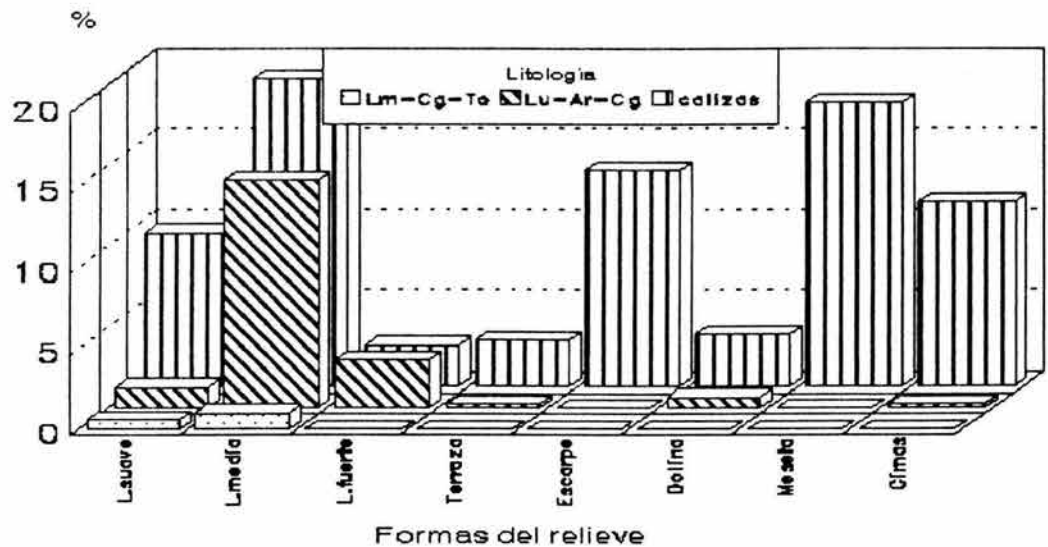


Figura 8. Participación relativa de las unidades ambientales en la zona templada en Usila, Oax.

Las unidades ambientales con litología de lutitas, areniscas y

conglomerados están bien representadas en la zona templada, ya que ocupan el 19% de la superficie total. Las formas de relieve predominantes son las laderas medias, con el 14% (Figura 8).

6.3. Clasificación de las unidades ambientales de acuerdo con su capacidad agrícola

6.3.1. Caracterización de los sistemas agrícolas

a) Agricultura de roza-tumba-quema

La agricultura que se practica en Usila está muy relacionada con el uso de la vegetación secundaria, particularmente con la derivada de la selva alta perennifolia. En el caso de la agricultura de roza-tumba-quema, ésta se realiza más en los acahuales jóvenes, ya que después de un ciclo de siembra y cosecha, el terreno se deja descansar cuando mucho cinco años. Por esta razón, los acahuales jóvenes se les clasificó como agricultura de roza-tumba-quema.

La agricultura de roza-tumba-quema se caracteriza por un tiempo de uso corto en relación con el período de descanso. El empleo del trabajo manual es predominante en todas las actividades relacionadas con la producción, la cual está enfocada básicamente al autoconsumo y mantiene un bajo nivel de insumos. La superficie dedicada a esta actividad es muy variable. Para la fecha de la fotografía aérea (1980) existía un total de 2564 ha, 16% del total de la superficie comunal (Cuadro 9).

Las principales labores en el sistema consisten de la roza con machete; tumba con hacha los troncos de los árboles mayores y quema. La siembra se efectúa con un bastón de siembra o espeque y el deshierbe puede hacerse con herbicidas o de forma manual. Después de un ciclo de cultivo se deja el terreno sin cultivar para que recupere de manera natural su fertilidad.



En la Chinantla se utilizan un gran número variedades de maíz, sin embargo las variedades blanco y amarillo chinantecos son las más utilizadas, siendo el maíz amarillo el que se adapta más a condiciones de menor fertilidad de los suelos. Ambas variedades presentan un ciclo de 140 días para alcanzar su madurez fisiológica. La roza del terreno comienza en los meses de marzo y abril, la superficie que se abre al cultivo es en promedio 1 ha, En mayo se quema, y la siembra se realiza a fines del mismo mes o a principios de junio. Generalmente se realizan tres limpieas manuales o una limpia con herbicidas acompañada de otra limpia manual. La cosecha tiene lugar en la segunda mitad de octubre y primera de noviembre, La densidad de plantación varía mucho puesto que está en función de las condiciones del relieve y de la pedregosidad.

La unidad de medida utilizada para la cosecha del maíz es el zontle que equivale 400 mazorcas con un peso de más o menos 40 kg. Dependiendo de las condiciones litológicas y edafológicas, los rendimientos varían entre 20 y 40 zontles por parcela (800 kg y 1600 kg). En total los jornales utilizados por ciclo agrícola fluctúan entre 85 y 90.

La mayor parte de las unidades domésticas resuelven su consumo de maíz principalmente con la producción obtenida en temporal. El consumo de maíz anual para una familia de cinco miembros (promedio regional), es de aproximadamente 1460 kg. Si bien estos datos muestran una autosuficiencia alimentaria, son muy relativos ya que la autosuficiencia alimentaria depende de muchos factores tales como los rendimientos, la calidad de la tierra, la disponibilidad de mano de obra (Alfaro, 1992).

De este modelo general se pueden distinguir diferentes variantes según tipo de vegetación y según el material edafo-geológico (van der Wal, 1992):

1) Roza, tumba y quema en selva alta perennifolia de sombrerete. En laderas suaves y terrazas de sustrato terrígeno (limolitas, conglomerados, lutitas y areniscas) con suelos profundos y bien drenados con vegetación primaria dominada por el sombrerete (*Terminalia amazonia*), es frecuente la siembra de maíz. Cuando el descanso de la tierra es muy corto y no se establecen especies de enraizamiento profundo y, en consecuencia, se pierde una parte de la fertilidad por lixiviación de nutrimentos. se presenta una colmatación de los poros a profundidad, que favorece el drenaje lateral y superficial, creándose las condiciones para deterioro de la estructura del suelo y erosión superficial. Paralelamente, se produce una disminución paulatina en el contenido de materia orgánica en el horizonte superficial. Los rendimientos de maíz obtenidos son entre 1000 y 1,400 kg/ha. En ocasiones se combinan en la milpa otros productos, tales como camote, jitomate, cebollín, jícama, calabaza y yuca.

2) Roza, tumba y quema en selva alta perennifolia con sustrato calizo. En alturas entre 200 y 800 m.s.n.m. se establece esta variante. Los suelos son generalmente someros y ricos en materia orgánica. Las variaciones topográficas influyen en el espesor del suelo y en las condiciones de humedad del mismo. Si la superficie disponible es abundante, se da un patrón de uso que se caracteriza por una dispersión territorial; se observan muchas pequeñas superficies - de aproximadamente. 1 ha - separadas por vegetación primaria o secundaria. Las superficies sembradas conlindan generalmente con acahuales de edades sucesivas. El agricultor siembra durante varios años seguidos en el mismo rumbo y la edad de los acahuales sobrepasa generalmente los 10 años. En general no se observan problemas ecológicos graves, al contrario, la lejanía de otros campos de cultivo evita la concentración de plagas y malezas en los campos; la cercanía del bosque garantiza una alta población de enemigos naturales de posibles insectos plaga y el

tiempo de descanso es lo suficientemente largo para fines de recuperación de manera natural de la fertilidad. Generalmente se siembra en estas milpas una diversidad de productos.

En contraste las comunidades con escasez de tierra, los agricultores siembran alrededor de su cafetal o se establece una superficie compacta en donde la vegetación original ocurre únicamente en barrancas y partes muy inclinadas y la totalidad de la superficie está cubierta por acahuales jóvenes o cultivos. La edad de los acahuales no sobrepasa generalmente de los 5 años. La problemática productiva en comunidades con escasez de tierra es que las plagas se tienden a presentar como fenómeno. La más alta intensidad de uso de las tierras, combinada con las muchas veces fuertes pendientes de los terrenos de cultivo, son la causa de deterioro en el suelo. Se siembra maíz principalmente la variedad chinanteco blanco y frijol jamapa.

#### b). Agricultura de humedad

La agricultura de humedad o de tonalmil consiste en la siembra de tierras de humedad residual durante el invierno. Este tipo de agricultura se dá en terrenos de poca pendiente que disponen de humedad residual, freática o transportada hacia el sitio (terrenos de vega, lomeríos, depresiones locales en montañas kársticas, zonas de acumulación al piemonte de cerros, o zonas hacia donde el agua es conducida por la presencia de ciertas capas en el suelo que permiten el transporte del agua (van der Wal, 1992).

Generalmente no se siembra durante el temporal, que constituye el tiempo de descanso de las tierras dedicadas al tonalmil. Dependiendo de las condiciones del terreno, se emplea trabajo animal y manual, . El cultivo que se siembra en tonalmil es principalmente el chile tabaquero con un alto alto empleo de insumos químicos. Tamibién se siembra maíz en forma importante, en este caso está relacionada con la de la R-T-Q ya que no se

sembrará el tonalmil si se dió bien el temporal, de manera que la producción alcanza para abastecer a la familia durante el año. Al contrario, se sembrará una superficie considerable si la producción de temporal no fue buena.

### c). Cultivos de plantación

En el caso de los acahuales maduros (de más de 10 años) son generalmente utilizados para la siembra de cultivos de plantación tales como: café, vainilla y frutales. (cítricos, mango, aguacate, mamey, chicozapote, etc.) .

1. Cultivo del café.- El cultivo del café requiere de condiciones de temperatura y humedad característicos de las regiones tropicales cálidas y semicálidas del mundo. De los factores climáticos tales como la luz, temperatura y precipitación, la +temperatura es el que más tiene importancia en el desarrollo del cafeto. La temperatura anual que se considera óptima para el café arabigo se encuentra entre los 18 y los 22°C con mínimas de 16°C y máximas de 26°C. En general, se acepta que una buena distribución de la lluvia y la existencia de un período seco favorecen el crecimiento del café y una abundante floración (Barros y Maestri, 1977). La precipitación mínima en la cual es posible el cultivo, oscila entre los 1500 y 2000 mm anuales. Los suelos de los cafetales deben ser de estructura desmenuzable, migajonosos, de origen volcánico o laterítico. Un suelo ligero o arcilloso no es adecuado para el café. Los suelos deben ser profundos de por lo menos 1m, con un pH ligeramente ácido y con una adecuada combinación de tipo orgánico y mineral (Haarer, 1982).

Las mejores características ambientales para el cultivo del café en Usila son muy limitadas sólomente en las partes altas en donde las temperaturas medias son las adecuadas, La zona potencial se encuentra entre los 700 y los 1400 m.s.n.m. Sin embargo, los

cafetaleros de Usila preferentemente cultivan el café a menos de 600 msnm. Los terrenos en donde se cultiva el café, son en su mayoría, las terrazas, laderas moderadas y fuertes con suelos derivados de limolitas y areniscas (suelos ferruginosos) aunque también se cultiva en las terrazas y cimas planas con litología de calizas bajo suelos de maduración del humus.

Los tipos de café más cultivados en la zona son el café arábigo (*Coffea arabica* L. var. típica) y el café bourbón (*Coffea arabica* L. var bourbón) en sus formas caturra y mundo novo. De acuerdo con el tipo y uso de los árboles de sombra se pueden reconocer dos tipos de sistemas de producción: rusticano y tradicional (Nolasco, 1985). En la zona el sistema de producción predominante es el de tipo rusticano que se caracteriza por poseer árboles de sombra de crecimiento natural dentro de los cafetales. Con la introducción de los programas de mejoramiento de cafetales del INMECAFE, aproximadamente un 33% de la superficie total dedicada al cultivo de café se ha beneficiado con variedades mejoradas, lo cual va acompañado de establecimiento de un dosel de sombra de varias especies de chalahuite (*Inga* sp); en estos predios se podría hablar de sistemas de producción de tipo monocultivo. Sin embargo, los campesinos chinantecos han adaptado este sistema tecnológico a sus propias necesidades, introduciendo árboles frutales y en muchos casos otros cultivos, principalmente vainilla en el dosel de sombra, combinando el monocultivo con el rusticano, a lo que se le conoce como sistema tradicional.

Tanto el sistema rusticano y el tradicional el uso de fertilizantes es prácticamente inexistente; el control de plagas y enfermedades cuando se realiza, sólo es para controlar la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). De las actividades culturales que deben realizarse tales como limpias, deshierbes y podas, sólo se realiza una limpia en el año, cuando se acerca la época de cosecha. Las labores de mejoramiento de cafetales tales como agobio, recepa y poda de los cafetales son prácticamente desconocidas en la región.



La falta de tecnificación del cultivo se explica a que la mayoría de los cafetales tienen menos de 10 años de establecidos y a la dificultad que representa la adopción del paquete tecnológico propuesto por el INMECAFE.

La densidad de cafetos por ha en promedio es de 1600 plantas y la renovación de cafetos es una práctica generalizada, pero varía mucho dependiendo del sistema que se trate. La cosecha ocurre en los meses de octubre-febrero. Los rendimientos que se obtienen presentan diferencias en los sistemas; en rusticano los rendimientos en café pergamino oscilan entre 300 y 700 kg por ha; en el tradicional los rendimientos llegan a los 800 kg y 1000 kg/ha de café pergamino.

El manejo de la sombra es quizá la variable más importante que permite obtener buenos rendimientos. La ausencia de poda en el sistema rusticano tiene un efecto más acusado en los rendimientos. Existen una gran cantidad de árboles con coberturas muy irregulares, de tal manera que en algunas épocas del año no permiten una iluminación adecuada. Sin embargo, una de las razones por las cuales los campesinos se resisten a cambiar los árboles de sombra es la gran variedad de usos que les dan a los árboles. Por ejemplo: como fuente adicional de alimentación, árboles como el mamey (*Pouteria zapota*), jobo (*Spondias radlkoferi*), nanche (*Byrsonima crassifolia*), cacao tigre (*Theobroma bicolor*), aguacate (*Persea americana*), aguacatillo (*Nectandra spp.*), "aguacate" (*Beilschmiedia sp.*) naranja (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus aurantifolia*) plátano (*Musa paradisiaca*), chicozapote (*Manilkara zapota*), "cabacano" (*Hirtella americana*) guayaba (*Gliricidia sepium*) Anona spp., son muy apreciados por los campesinos. Otro de los usos importantes es el de leña, para lo cual se utilizan gran cantidad de especies.

La diversidad y complejidad del sistema de los chinantecos trae como consecuencia menos producción de café, pero tiene el

beneficio de obtener la mayor parte de sus satisfactores lo que contribuye a tener una dieta nutricional más completa. La mano de obra es una de las principales limitantes para efectuar todas las labores que requiere el café y presenta una fuerte competencia con las otras actividades productivas, principalmente con el cultivo del maíz, ocasionando que en muchos casos los campesinos utilicen herbicidas en las milpas para disponer de tiempo para efectuar las limpiezas del café.

2. Cultivo de vainilla.- La vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) es una orquídea hemiepífita, trepadora y ramificada cuya importancia comercial radica en las propiedades organolépticas de sus frutos, los cuales son ampliamente demandados en la industria alimenticia y farmacéutica y alcanzan altas cotizaciones (Purgeslove, et al, 1981). El período de floración ocurre en los meses de marzo y abril. Las inflorescencias son acropétalas y generalmente se abre una flor por día. La maduración del fruto fluctúa entre 9 y 10 meses y cada uno de estos contiene miles de semillas pequeñas (Castillo, 1989). En la región de Usila se distribuyen cuatro especies del género *Vanilla* conocidas localmente como "Vainilla Colibrí", "Vainilla Cerro Verde", Vainilla Tlatepusco" y "Vainilla Cerro Amarillo", Las dos primeras identificadas como *V. planifolia* y *V. pompona*. Las dos especies restantes no han sido claramente determinadas y probablemente se trate de *Epidendrum vermifugum* y *V. mexicana* (M. Hernández, com. pers.). Originalmente las plantaciones fueron sembradas principalmente con *V. planifolia* (Medinilla, Hernández y Eleuterio, 1989), sin embargo, también se sembraron las otras especies, principalmente la "tlatepusco" la cual no han tenido una buena respuesta productiva. La primera cosecha se obtuvo en diciembre de 1989, lográndose 200 Kg de fruto fresco y 50 Kg de vainilla beneficiada (relación aprox. 4:1). Para 1993 se obtuvo una cosecha de 2 toneladas de vainilla verde, producto de aproximadamente 50 mil plantas en producción distribuidas en una superficie de 50 ha (R. Medinilla com. pers.).



Las condiciones ambientales más frecuentes para el establecimiento de las plantaciones de vainilla son las que se presentan en los acahuales que han permanecido en descanso por un tiempo de 10 a 15 años después de haberse utilizado para el maíz. La temperatura adecuada para el cultivo oscila entre 21 y 32°C, con un promedio de 27°C y con lluvias bien distribuidas de 2000-2500 mm por año, pero con dos meses secos (Purseglove, *et al*, 1981). Por su hábito de crecimiento trepador, la vainilla requiere de una planta arbórea y perenne que le sirva como soporte o tutor de manera que le permita adherirse.

En los acahuales derivados de selva alta de Usila se encuentran gran número de especies arbóreas asociadas que se utilizan como tutores y como árboles de sombra para el crecimiento de la vainilla. En general, la mayoría de las plantaciones presenta una distribución de plantas irregular, que va de acuerdo con la distribución natural de los árboles utilizados como tutores. La densidad de las plantaciones es variable de un lugar a otro, encontrándose desde 300 plantas hasta 2000 plantas por ha. Se han reconocido 198 especies de plantas vasculares existentes en estos acahuales (Hernández y Múgica, 1993). Esto muestra una gran riqueza de especies, pudiéndose encontrar hasta 20 y 50 distintas especies de plantas por predio. Posiblemente estos valores estén en relación con las distintas características de los vainillales, como por ejemplo; la edad o estadio en la sucesión de los acahuales.

Una de las estrategias de manejo en los vainillales es dejar las especies arbustivas y arbóreas de talla baja como tutores y las especies de talla alta como sombra, sin embargo esta estratificación no es clara. En algunos vainillales la cobertura de los árboles de sombra se confunde con la de los tutores, inclusive existen individuos que son ocupados para los dos fines.

Existe una preferencia por ciertas especies para ser utilizadas

en el cultivo (tutores y sombra). Las especies: *Heliocarpus donnelsmithii*, *Myriocarpa longipes*, *Vismea camparaguey*, *Erytrina sp.*, y *Gliricidia sepium.*, *M. longipes*, *Vismea camparaguey*, *Erytrina sp.* y *Gliricidia sepium* son las más comúnmente utilizadas como tutores en todas las plantaciones.

Los vainillales establecidos en la región chinanteca de Usila presentan una gran diversidad de especies, lo que permite una mayor estabilidad, favoreciendo con ello que el manejo del cultivo se realice con bajos niveles tecnológicos. Sin embargo, la mayoría de las especies seleccionadas, no son las más adecuadas debido a que muchas son caducifolias y los bejucos de vainilla tienen dificultad para asirse a los tallos, ya sea porque son demasiado delgados o por que las primeras ramas crecen demasiado alto del suelo. En forma general, no es conveniente utilizar los mismos árboles de sombra como tutores, debido a la dificultad que se tiene para encauzar las guías. Los acahuales utilizados para establecer las plantaciones presentan muchas desventajas, como por ejemplo: abundancia de especies de rápido crecimiento, caducidad del follaje y corta duración de vida; los acahuales más utilizados para el cultivo son aquellos que han sido dedicados al cultivo de la milpa en superficies compactas lo que conlleva a los problemas señalados en éstas; irregularidad en la distribución de las especies las que origina que existan áreas muy sombreadas y otras demasiado abiertas.

3. El cultivo del cacao.- El cacao (*Theobroma cacao* L) es una planta tropical de procedencia americana. El origen del cacao se ubica en la cuenca alta del río Amazonas en el Brasil. Sin embargo, el principal centro de domesticación del cultivo se ubica en mesoamérica, que comprende desde Panamá en Centro América hasta las áreas tropicales del sur de nuestro país (Enríquez, 1983). En México constituye un cultivo de tradición histórica que se remonta a la época precolombina. Su aparición en los códices y pinturas aztecas, lo hacen destacar como producto de alta estima

al grado de utilizarse como moneda de cambio.

Desde la época de predominio azteca, la región de la Chinantla era una de las principales proveedoras del preciado grano que los mexicas destinaban al consumo y a la comercialización. Actualmente el cultivo del cacao a nivel local permanece como parte del legado cultural étnico que este pueblo recibió de sus antepasados, vinculándose estrechamente con la tradición chinanteca. Así lo demuestra el consumo del "popo" (bebida refrescante a base de cacao) en las festividades regionales y en acontecimientos de carácter especial. Pero el cultivo del cacao en la región de la Chinantla se ha reducido a una siembra de traspatio sin más finalidad que el consumo familiar.

El interés por el cacao es con el fin de promover la diversificación del cultivo del café en la región ya que el cacao significa una alternativa viable susceptible de adaptarse a las diversas condiciones que se presentan en las zonas bajas del municipio de Usila, en particular en los cafetales ubicados por abajo de los 350 m.s.n.m.

De los factores climáticos, la temperatura es uno de los más importantes puesto que es crítico para su desarrollo, principalmente en lo que se refiere al ritmo de producción de hojas, en la floración y en la maduración de los frutos. La temperatura media anual adecuada oscila entre los 24 y 26°C, la temperatura media mínima no debe ser inferior a 15° y la media máxima inferior a 30°C (Hardy, 1961). Por lo que respecta a la precipitación, el cacao es muy sensible a tanto a las deficiencias como a los excesos de humedad. La cantidad y distribución de la cosecha del cacao está regulada más a menudo por la lluvia que por la temperatura. La cantidad de agua que satisface adecuadamente los requerimientos hídricos de la planta del cacao, oscila entre 1500 y 2500 mm. Para una producción máxima de cacao, la provisión de agua en el suelo debe ser tal que mantenga

la humedad aprovechable entre los niveles de 50 a 70% (Wood, 1982). En zonas con precipitaciones mayores el cacao sólo es económico en suelos con buen drenaje. Cuando la época de sequía no es muy prolongada se pueden tener cosechas de cacao todo el año. Durante los meses calurosos el fruto madura entre los 140 y 175 días y durante los meses fríos el cacao madura entre 167 y 205 días (Soto y Herrera, 1987).

El árbol de cacao debe recibir sombra desde sus primeros meses de vida, los rayos solares directos queman las hojas tiernas cobrizas, además la sombra ayuda a mantener la fertilidad del suelo, da mayor duración a la plantación, protección contra variaciones bruscas de temperatura y uniformidad en la maduración del fruto (Martínez, 1981).

El Cuadro 13 muestra un resumen de las principales características de los sistemas de producción agrícolas empleados en Usila, así como de las unidades ambientales utilizadas en su cultivo.

#### 6.3.2. Clasificación de las unidades ambientales de acuerdo con su capacidad agrícola

Considerando las características ecológicas de las unidades ambientales se realizó una clasificación de éstas de acuerdo con las potencialidades que presentan para sostener los sistemas de producción de roza-tumba-quema, plantaciones, agricultura de humedad y aquellas que no tienen capacidad de uso agrícola (ver cuadro 14).

Los usos propuestos para las unidades ambientales están en función del grado de estabilidad que presentan y de las características del suelo. Así, por ejemplo, en litología de calizas, las unidades ambientales más estables, desde el punto de vista geomorfológico, como son la ladera suave, la terraza, la loma, la meseta, la dolina y la cima, presentan mejores características para

Sistemas productivos	Unidades ambientales	tipo de suelo	Intensidad de uso	Tecnología	Rendimientos
roza-tumba-quema en selva alta perennifolia de sombrerete	laderas suaves y moderadas de litología de limolitas lutitas y conglomerados	ferruginosos, profundos con buen drenaje	uso intenso por períodos de más de tres años, descanso de la tierra por igual número de años	uso intenso de mano de obra, uso de machete, hacha y fuego	maíz 1-1.5 ton frijol .5 ton yuca .2 ton
roza-tumba-quema en selva alta perennifolia de relieve kárstico	Laderas suaves y moderadas, dolinas, mesetas y terrazas con litología de calizas	suelos someros rendzinas y litosoles con abundancia de materia orgánica	uso moderado con un ciclo anual, períodos de descanso de 3 a 5 años	Tecnología uso intenso de mano de obra, uso de machete, hacha y fuego	maíz 1.5-2 ton frijol .6 ton
tonamil	valle aluvial, dolinas y terrazas	suelos profundos, feozems y fluvisoles	uso intenso, 2 ciclos anuales, sin períodos de descanso ó un ciclo ocasional	uso intenso de mano de obra e insumos químicos, tracción animal	maíz 2-3 ton chile seco 1 ton
café	dolinas y mesetas con litología de calizas, laderas moderadas y fuertes de litología de limolitas, conglomerados, tobas y lutitas	suelos profundos, negros y cafés, feozems y ferruginosos	uso moderado por períodos de 15 años	sistema rústico, y tradicional, uso mínimo de insumos	300-800 kg
Vainilla	laderas suaves, moderadas y fuertes, mesetas terrazas y dolinas con litología de calizas	suelos negros con abundante materia orgánica, feozems litosoles y rendzinas	uso moderado combinado con acahuales	sistema tradicional con gran variedad de productos útiles	40 kg de vainilla verde
cacao	dolinas y mesetas con litología de calizas, laderas moderadas y fuertes de litología de limolitas, conglomerados, tobas y lutitas	suelos profundos, negros y cafés, feozems y ferruginosos	uso moderado con	sistema rústico, y tradicional, uso mínimo de insumos	300 kg

Cuadro 13 Características generales de los sistemas de producción agrícolas empleados en Usila, Oax.

la práctica de roza-tumba-quema en virtud de que este sistema, utilizado en forma adecuada, causa un menor deterioro del ambiente en pendientes leves con suelos someros, pero con gran cantidad de materia orgánica.

En contraste, los terrenos de calizas pero con excesiva pendiente, como las laderas fuertes y escarpes no debieran tener uso agrícola de ningún tipo. Respecto a las laderas moderadas, es posible utilizarlas, bajo ciertas restricciones, para el cultivo de plantación mismas que, en el caso de la zona cálida y semicálida,

Litología	Unidades de terreno	Unidades ambientales	Uso Propuesto
calizas	ladera suave	ls-c lz	roza-tumba-quema
	ladera moderada	lm -c lz	plantación
	ladera fuerte	lf-c lz	vegetación original
	escarpe	es-c lz	vegetación original
	terraza	ter-c lz	roza-tumba-quema
	loma	lom -c lz	roza-tumba-quema
	meseta	mes-c lz	roza-tumba-quema
	dolina	dol-c lz	roza-tumba-quema
	cima	cim -c lz	roza-tumba-quema
limolita- conglomerado y tobas	ladera suave	ls-lim -c g-to	plantación
	ladera moderada	lm -lim -c g-to	plantación
	ladera fuerte	Lf-lim -c g-to	vegetación original
	escarpe	es-lim -c g-to	vegetación original
	terraza	ter-lim -c g-to	roza-tumba-quema
	loma	lom -lim -c g-to	plantación
	meseta	mes-lim -c g-to	roza-tumba-quema
	dolina	dol-lim -c g-to	roza-tumba-quema
	cima	cim -lim -c g-to	plantación
lutitas-areniscas y conglomerados	ladera suave	ls-lu-ar-c g	plantación
	ladera moderada	lm -lu-ar-c g	plantación
	ladera fuerte	lf-lu-ar-c g	vegetación original
	terraza	ter-lu-ar-c g	roza-tumba-quema
	loma	lom -lu-ar-c g	plantación
	meseta	mes-lu-ar-c g	roza-tumba-quema
	dolina	dol-lu-ar-c g	roza-tumba-quema
	cima	cim -lu-ar-c g	plantación
	valle	vall-lu-ar-c g	roza-tumba-quema
lutitas y areniscas	Ladera suave	ls-lu-ar	plantación
	ladera moderada	lm -lu-ar	plantación
	ladera fuerte	ls-lu-ar	vegetación original
	Terraza	tr-lu-ar	roza-tumba-quema
	loma	lom -lu-ar	plantación
conglomerados	Ladera suave	ls-c g	plantación
	ladera moderada	lm -c g	plantación
	terraza	ter-c g	roza-tumba-quema
	valle	vall-c g	roza-tumba-quema
aluvial	valle	valle -a-l	agricultura humedad

Cuadro 14 Clasificación de las unidades ambientales de Usila, Oax. de acuerdo con su potencialidad agrícola

pueden aprovecharse con el cultivo de la vainilla. En la zona alta se podría introducir otro cultivo de plantación más acorde con las características climáticas de la zona, como el café.



Las laderas suaves con con litología de materiales terrígenos (limolitas-conglomerados-tobas, lutitas-areniscas-conglomerados y lutitas-areniscas), no se consideraron adecuadas para la práctica de la roza-tumba-quema, debido a que estas unidades son más susceptibles al deterioro si se elimina la cobertura vegetal. Por ello, la propuesta es que se utilicen, conjuntamente con la ladera moderada, la loma y la cima, bajo cultivos de plantación, toda vez que en general los suelos que se presentan en estas unidades son profundos y con un buen drenaje.

Para la zona cálida, uno de los cultivos propuestos es el cacao. En la zona semicálida son posibles una gran variedad de cultivos, pero no se propone ninguno en particular; por ejemplo, pimienta, marañón, cítricos, macadamia, etc. En la zona templada, el uso propuesto para estas unidades sería el del cultivo del café.

Por su parte las unidades más estables con litología de materiales terrígenos como la terraza, la meseta, la dolina y el valle intermontano , se propone utilizarlas para la práctica de roza-tumba-quema.

El Cuadro 15 muestra la participación relativa y la superficie de los usos del suelo propuestos por unidad ambiental seleccionada.

#### 1. Unidades ambientales con capacidad de uso para roza-tumba-quema

Las unidades ambientales seleccionadas para este tipo de agricultura ocupan una superficie de 4603,36 ha (28% de la superficie total de la comunidad). De éstas unidades las derivadas de calizas ocupan la mayor parte con una participación relativa del 88%. En la zona cálida estas unidades ocupan solamente el 7%, en tanto que en la zona semicálida se encuentra la mayor



uso propuesto	unidad ambiental clave	zona cálida		zona semicálida		zona templada		total		
		sup ha	proporción %	sup ha	proporción %	sup ha	proporción %	sup ha	proporción %	
roza tumba-quema	ls-clz	149,92	3,26	766,00	16,64	323,80	7,03	1239,72	26,93	
	ter-clz	56,36	1,22	692,40	15,04	99,40	2,16	848,16	18,42	
	lom-clz	1,36	0,03	22,08	0,48	0,00	0,00	23,44	0,51	
	mes-clz	66,40	1,44	158,92	3,45	601,72	13,07	827,04	17,97	
	dol-clz	50,56	1,10	168,48	3,66	103,36	2,25	322,40	7,00	
	cim-clz	0,00	0,00	379,80	8,25	389,84	8,47	769,64	16,72	
	subtotal	324,60	7,05	2187,68	47,52	1518,12	32,98	4030,40	87,55	
	ter-lim-cg-to	63,16	1,37	87,56	1,90	0,00	0,00	150,72	3,27	
	mes-lim-cg-to	1,88	0,04	0,36	0,01	0,00	0,00	2,24	0,05	
	dol-lim-cg-to	0,00	0,00	34,00	0,74	0,00	0,00	34,00	0,74	
	subtotal	65,04	1,41	121,92	2,65	0,00	0,00	186,96	4,06	
	ter-lu-ar-cg	12,52	0,27	78,64	1,71	9,44	0,21	100,60	2,19	
	mes-lu-ar-cg	0,00	0,00	0,88	0,02	0,24	0,01	1,12	0,02	
	dol-lu-ar-cg	0,00	0,00	7,60	0,17	1,08	0,02	8,68	0,19	
	vall-lu-ar-cg	13,92	0,30	204,00	4,43	0,00	0,00	217,92	4,73	
	subtotal	26,44	0,57	291,12	6,32	10,76	0,23	328,32	7,13	
	ter-lu-ar	0,00	0,00	6,80	0,15	0,00	0,00	6,80	0,15	
	ter-cg	0,00	0,00	47,88	1,04	0,00	0,00	47,88	1,04	
	vall-cg	0,00	0,00	3,00	0,07	0,00	0,00	3,00	0,07	
	subtotal	0,00	0,00	50,88	1,11	0,00	0,00	50,88	1,11	
total roza tumba-quema		416,08	9,04	2658,40	57,75	1528,88	33,21	4603,36	100,00	
plantación	lm-clz	892,72	13,65	1666,52	25,48	651,92	9,97	3211,16	49,10	
	ls-lim-cg-to	233,16	3,56	285,56	4,37	19,84	0,30	538,56	8,23	
	lm-lim-cg-to	109,16	1,67	286,92	4,39	35,72	0,55	431,80	6,60	
	lom-lim-cg-to	14,20	0,22	0,32	0,00	0,00	0,00	14,52	0,22	
	cim-lim-cg-to	0,00	0,00	4,08	0,06	0,48	0,01	4,56	0,07	
	subtotal	356,52	5,45	576,88	8,82	56,04	0,86	989,44	15,13	
	ls-lu-ar-cg	33,64	0,51	66,84	1,02	44,84	0,69	145,32	2,22	
	lm-lu-ar-cg	232,96	3,56	1158,08	17,71	480,80	7,35	1871,84	28,62	
	lom-lu-ar-cg	0,00	0,00	15,24	0,23	0,00	0,00	15,24	0,23	
	cim-lu-ar-cg	0,00	0,00	177,20	2,71	9,28	0,14	186,48	2,85	
	subtotal	266,60	4,08	1417,36	21,67	534,92	8,18	2218,88	33,93	
	ls-lu-ar	0,52	0,01	1,92	0,03	5,44	0,08	7,88	0,12	
	lm-lu-ar	0,00	0,00	0,96	0,01	0,00	0,00	0,96	0,01	
	lom-lu-ar	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	
	subtotal	0,52	0,01	2,92	0,04	5,44	0,08	8,88	0,14	
	ls-cg	0,52	0,01	108,36	1,66	0,00	0,00	108,36	1,66	
	lm-cg	0,00	0,00	3,64	0,06	0,00	0,00	3,64	0,06	
	subtotal	0,52	0,01	112,00	1,71	0,00	0,00	112,00	1,71	
	total plantación	total	1516,88	23,19	3775,68	57,73	1248,32	19,09	6540,36	100,00
	sin capacidad de uso agrícola	lf-clz	289,56	9,55	601,96	19,85	86,92	2,87	978,44	32,26
es-clz		299,76	9,88	956,20	31,52	458,40	15,11	1714,36	56,52	
subtotal		589,32	19,43	1558,16	51,37	545,32	17,98	2692,80	88,78	
lf-lim-cg-to		26,28	0,87	3,60	0,12	0,00	0,00	29,88	0,99	
es-lim-cg-to		0,32	0,01	2,76	0,09	0,00	0,00	3,08	0,10	
subtotal		26,60	0,88	6,36	0,21	0,00	0,00	32,96	1,09	
lf-lu-ar-cg		37,88	1,25	116,36	3,84	101,44	3,34	255,68	8,43	
ls-lu-ar		0,00	0,00	51,76	1,71	0,00	0,00	51,76	1,71	
total		653,80	21,55	1732,64	57,12	646,76	21,32	3033,20	100,00	
agricultura humedad valle-al			2044,84	96,89	65,64	3,11	0,00	0,00	2110,48	100,00

Cuadro 15 Participación relativa y superficie de los usos del suelo propuestos por unidad ambiental en Usila, Oax.

proporción con el 48% y en la zona templada ocupan el 33% (Cuadro 15).

En el caso de las unidades ambientales con litología de lutitas, areniscas y conglomerados, su participación respecto del total de superficie con potencialidad para la r-t-q, es del 7% con 326,36 ha y la zona semicálida ocupa la mayor superficie con el 6%. En las unidades con litología de limolitas y conglomerados ocurre el mismo caso; la zona semicálida presenta la mayor proporción de superficie adecuada para la r-t-q con el 3% del total.

La Figura 9 muestra la participación relativa de las unidades ambientales propuestas para el uso de r-t-q, de acuerdo con la zona térmica.

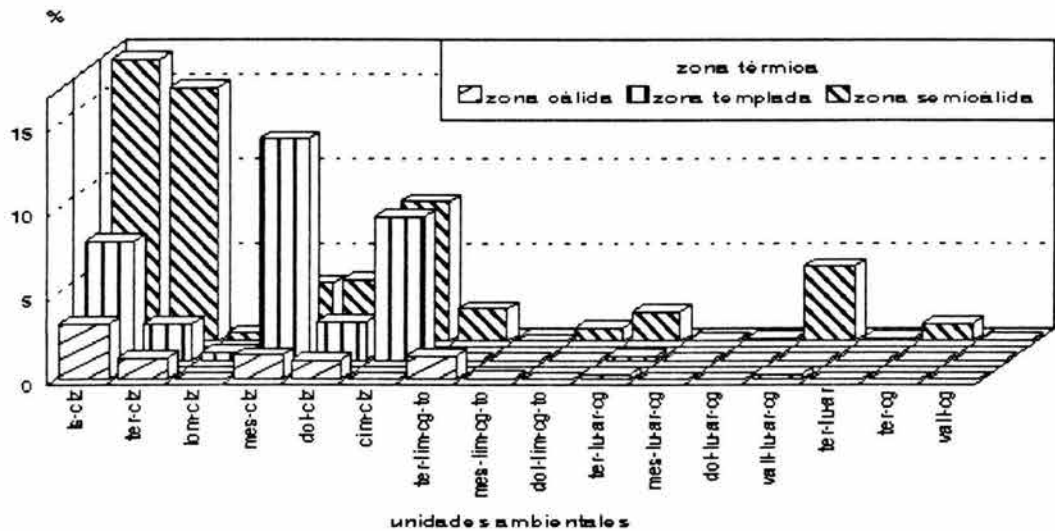


Figura 9 Unidades ambientales propuestas para uso de r-t-q en Usila, Oax. Participación relativa de acuerdo con la zona térmica

En la zona cálida, la unidad ambiental mejor representada es la ladera suave, en tanto que la zona semicálida las unidades mejor representadas son: la ladera suave y la terraza de calizas así como la terraza de limolitas-conglomerados y tobas. Por su parte, en la zona templada las unidades mejor representadas son: la ladera suave, la meseta y la terraza derivadas de caliza (Fig 9).

## 2. Unidades ambientales con capacidad de uso para plantación

Las unidades ambientales seleccionadas para un uso de plantación suman 6540,36 ha (40% de la superficie total de la comunidad). Las unidades mejor representadas para este tipo de agricultura son las derivadas de calizas, y en particular, las laderas moderadas las cuales ocupan el 49% del total. Por su parte las unidades derivadas de lutitas, areniscas y conglomerados ocupan el 34% del total y las unidades derivadas de limolitas, conglomerados y tobas ocupan el 15%. En tanto que el resto de las unidades participan de manera mínima con el 2%. (Cuadro 15).

La Figura 10 muestra la participación relativa de las unidades ambientales propuestas para uso de plantación de acuerdo con la zona térmica.

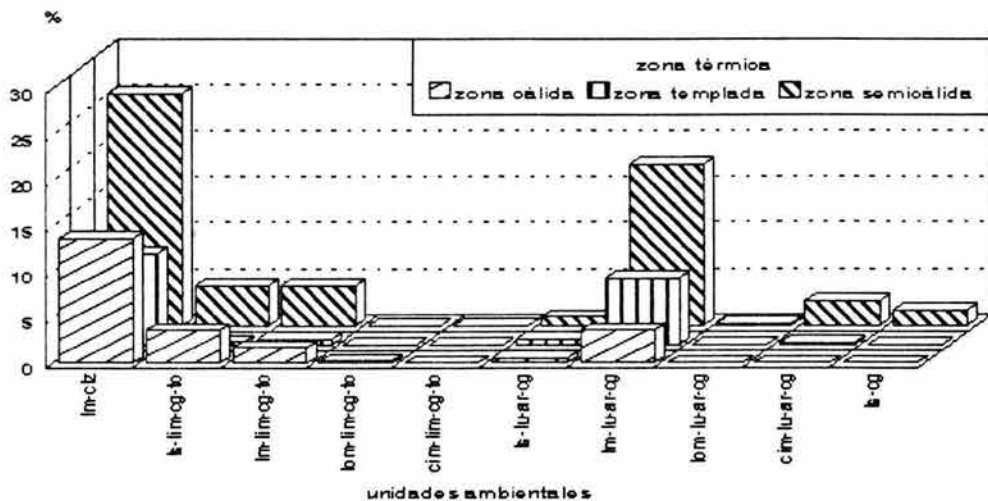


Figura 10 Unidades ambientales propuestas para uso de plantación en Usila, Oax. Participación relativa de acuerdo con la zona térmica

Como se puede observar, en la zona semicálida se encuentra la mayor parte de la superficie que ocupan las unidades ambientales con potencialidad para los cultivos de plantación, en donde destacan por su importancia realtiva las laderas moderadas de

calizas y las laderas medias de lutitas, areniscas y conglomerados. En el caso de las laderas moderadas de calizas, las características de los suelos permiten el cultivo de vainilla, que presentan raíces muy superficiales y que requieren de gran cantidad de materia orgánica. En el otro caso (unidades con litología de lut-ar-cg), las características de los suelos permiten establecer cultivos con raíces profundas

c). Unidades ambientales con potencialidad de uso para agricultura de humedad

Debido a la escala, fue imposible localizar cartográficamente las unidades ambientales en donde se puede practicar la agricultura de humedad, como dolinas, terrazas, pequeños valles intermontanos, etc., sólo se consideró al valle aluvial como la unidad con potencialidad para practicar la agricultura de humedad, el cual representa el 13% del total de la superficie de la comunidad de Usila (ver cuadro 10) y el 45% de la zona cálida (Cuadro 12).

En esta unidad, es posible el cultivo de muchas especies anuales, principalmente, hortalizas y maíz. Sin embargo, la ganadería es una práctica que está desplazando a los terrenos agrícolas. A pesar de que la actividad ganadera no sea recomendable para estas condiciones, la ganadería presenta ventajas comparativas de mano de obra y rentabilidad, que la hacen atractiva para aquellos que pueden practicarla.

d). Unidades ambientales sin capacidad de uso agrícola

De acuerdo con el Cuadro 15, las unidades ambientales que no se consideraron adecuadas para la agricultura ocupan una superficie de 3033,20 ha (19% de la superficie total de la comunidad), y son los escarpes los que ocupan la mayor superficie relativa, con el 56% del total. Las laderas fuertes de calizas ocupan el 32% y las laderas fuertes de lutitas-areniscas y

conglomerados ocupan el 8% (Fig. 11).

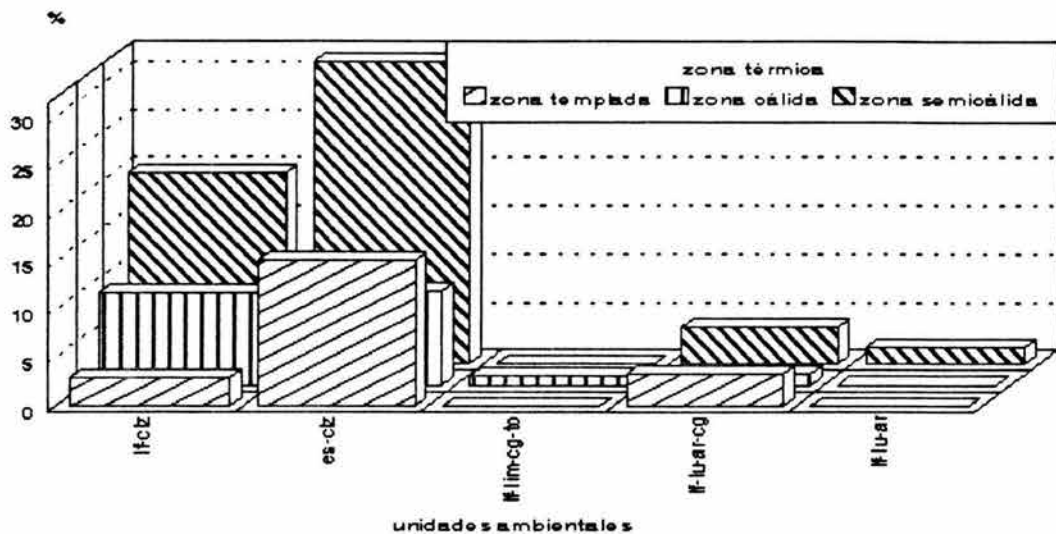
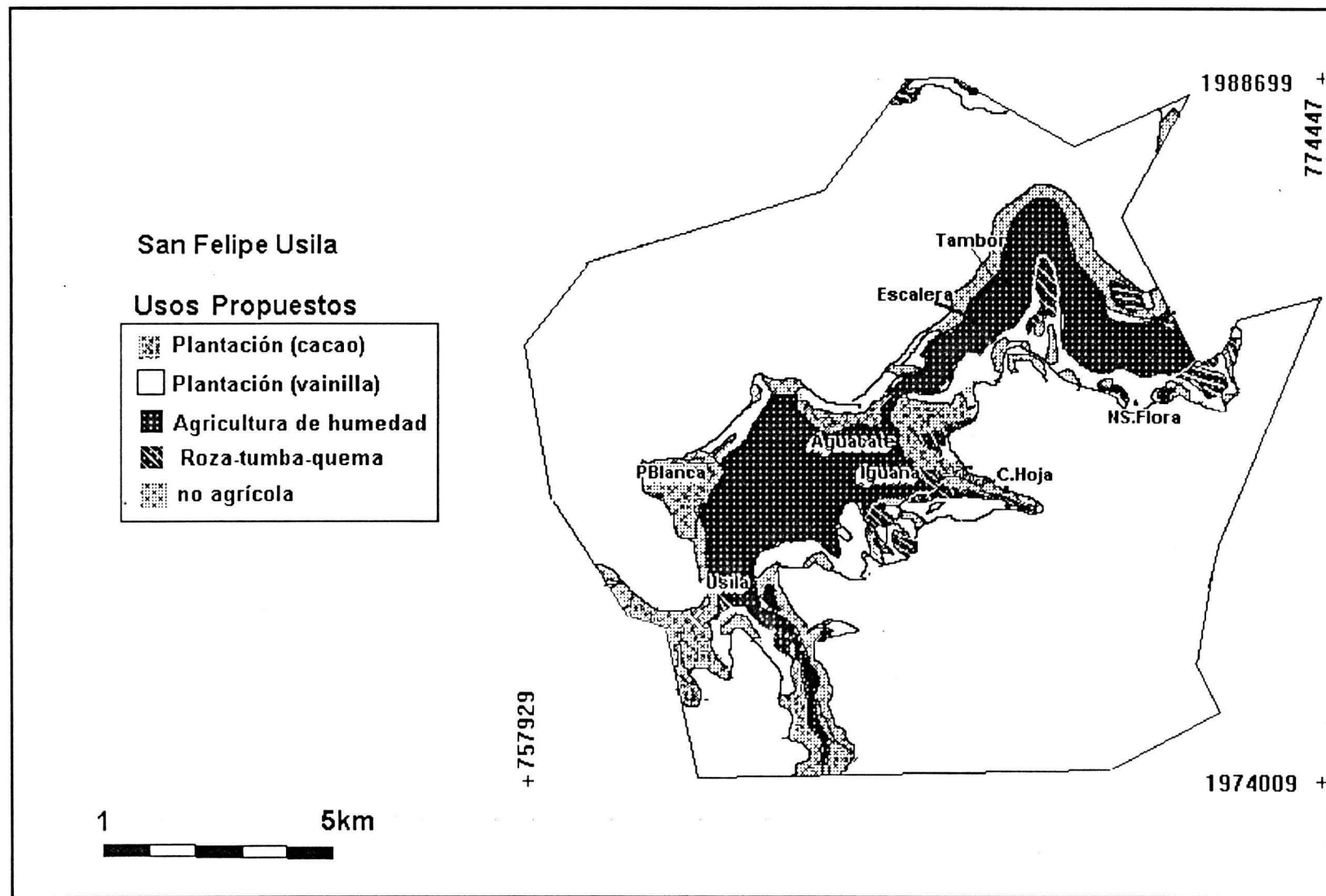


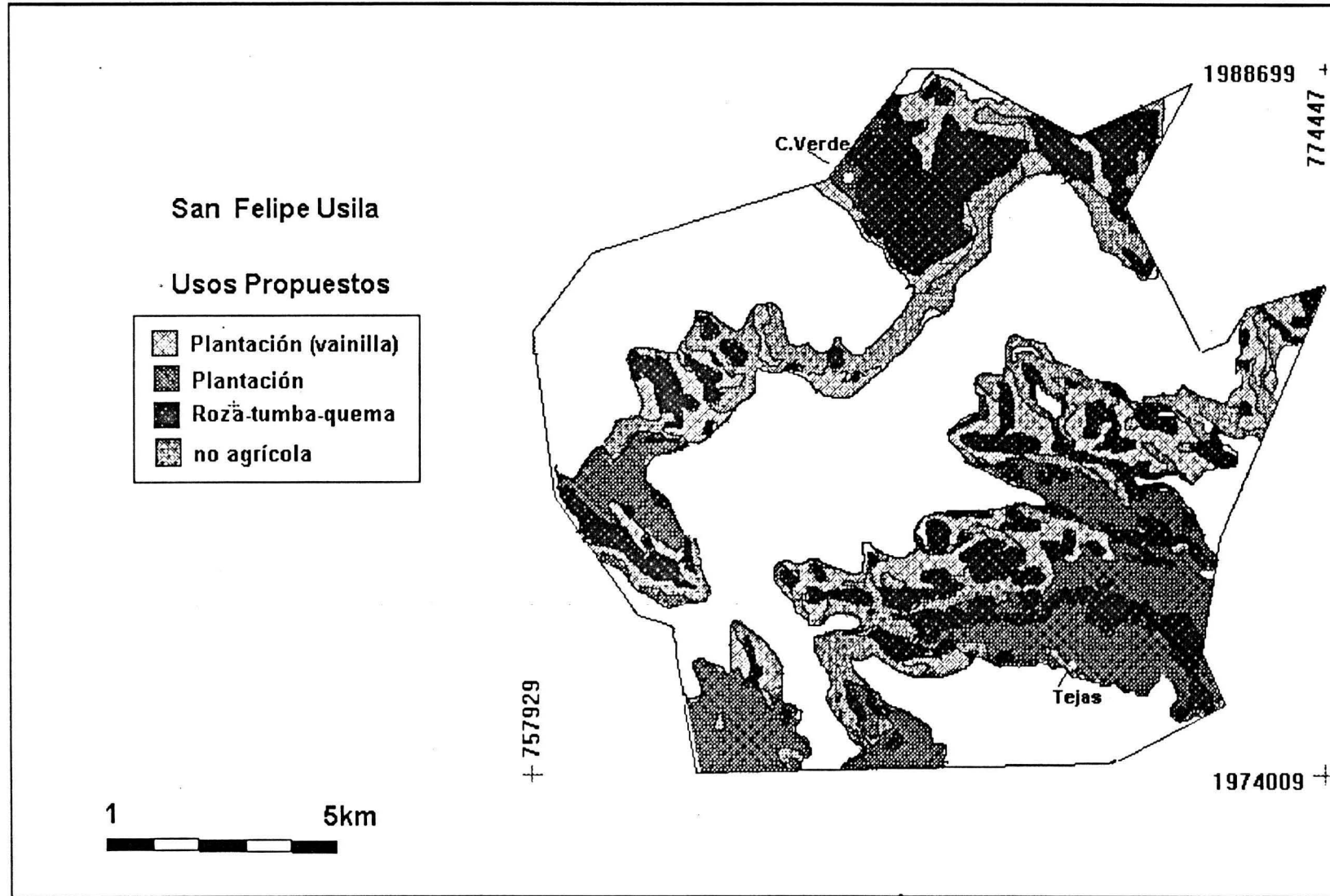
Figura 11 Unidades ambientales sin capacidad de uso agrícola en Usila, Oax. Participación relativa de acuerdo con la zona térmica

La zona semicálida presenta una superficie relativamente mayor de unidades ambientales sin capacidad agrícola principalmente de escarpe de claizas, en tanto que la zona cálida la ladera fuerte tiene una proporción similar a la del escarpe y en la zona templada el escarpe es la unidad mas representativa de esta zona (Figura 11). Los Mapas 8, 9 y 10 muestran, para cada zona térmica, la distribución espacial de las unidades ambientales de acuerdo con el uso agrícola propuesto. Para la zona cálida se identificaron, dentro de las las unidades con capacidad para cultivos de plantación, aquellas unidades ambientales con características propias para el cultivo de vainilla y aquellas con capacidad para sostener el cultivo de cacao. Para la zona semicálida se identificaron, además de la r-t-q, las unidades ambientales con capacidad agrícola para cultivos de plantación y las unidades con capacidad para sostener el cultivo de vainilla. Y en la zona templada se consideró al café como el cultivo que podría establecerse en las unidades con capacidad para sotener cultivos de plantación.

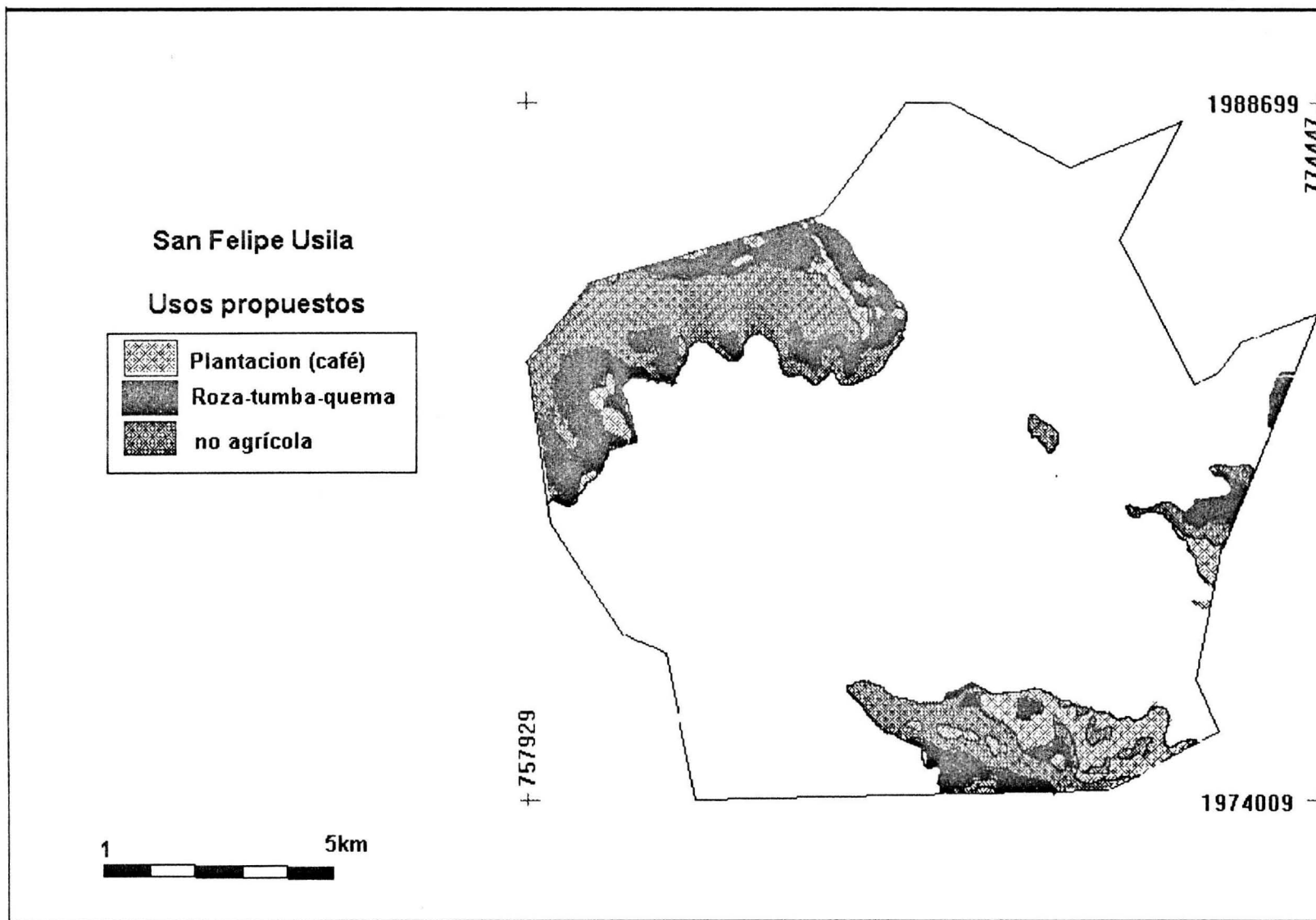
Mapa 8 Capacidad Agrícola de las Unidades Ambientales en Zona Cálida



Mapa 9 Capacidad Agrícola de las Unidades Ambientales en Zona Semicálida





**Mapa 10 Capacidad Agrícola de las Unidades Ambientales en Zona Templada**

#### 6.4. Uso actual del suelo en las unidades ambientales

La evaluación del uso actual del suelo se muestra en el Cuadro 16, el cual muestra para el total como para cada zona térmica, la superficie de cada uno de los usos propuestos comparada el uso al que actualmente está siendo sometida.

uso propuesto	uso actual	zona cálida		zona semicálida		zona templada		total	
		superficie ha	proporción %	superficie ha	proporción %	superficie ha	proporción %	superficie ha	proporción %
roza-tumba quemada	r-t-q	133,44	32,07	513,76	19,33	55,16	3,61	702,36	15,26
	acahual	114,28	27,47	595,60	22,40	100,28	6,56	810,16	17,60
	Pastizal	11,36	2,73	82,60	3,11		0,00	93,96	2,04
	vegetación primaria	142,36	34,21	1466,44	55,16	1373,44	89,83	2982,24	64,78
	otros	14,64	3,52		0,00		0,00	14,64	0,32
	suma	416,08	100,00	2658,40	100,00	1528,88	100,00	4603,36	100,00
plantaciones	acahual	642,48	42,36	1400,24	37,09	123,32	9,88	2166,04	33,12
	r-t-q	247,00	16,28	816,76	21,63	11,28	0,90	1075,04	16,44
	pastizal	78,28	5,16	41,64	1,10	0,52	0,04	120,44	1,84
	vegetación primaria	512,20	33,77	1517,02	40,18	1113,20	89,18	3142,42	48,04
	otros	36,92	2,43		0,00		0,00	36,92	0,56
	suma	1516,88	100,00	3775,66	100,00	1248,32	100,00	6540,86	100,00
superficie sin potencialidad agrícola	vegetación primaria	249,32	38,13	962,56	55,55	569,48	88,05	1781,36	58,73
	r-t-q	240,08	36,72	414,80	23,94	11,24	1,74	666,12	21,96
	acahual	135,44	20,72	355,28	20,51	66,04	10,21	556,76	18,36
	pastizal	15,00	2,29		0,00		0,00	15,00	0,49
	otros	13,96	2,14		0,00		0,00	13,96	0,46
	suma	653,80	100,00	1732,64	100,00	646,76	100,00	3033,20	100,00
agricultura de humedad	Agricultura de humedad	785,16	38,40					785,16	38,40
	Acahual	203,68	9,96					203,68	9,96
	Pastizal	418,88	20,48					418,88	20,48
	vegetación primaria	203,64	9,96					203,64	9,96
	presa	433,48	21,20					433,48	21,20
	suma	2044,84	100,00					2044,84	100,00

Cuadro 16 Evaluación del uso actual del suelo de acuerdo con su capacidad de uso agrícola en Usila, Oax

Cabe aclarar que en la carta de uso del suelo, debido a la escala de la fotografía aérea, no se pudo identificar las plantaciones como una categoría distinta, sin embargo, se identificó una unidad denominada "acahual", la cual se distingue de

la agricultura de r-t-q porque presenta una cobertura vegetal mas densa y con una estructura vertical mas alta que ésta. En Usila el acahual es utilizado en la práctica como una plantación, ya que en ésta se obtienen muchos productos, tales como, frutas, madera e incluso se siembra de manera intercalada café, vainilla, cacao, palma y muchos otros productos. Por tal razón, el acahual se consideró para fines de evaluación como plantación.

De la superficie total propuesta para uso agrícola de roza-tumba-quema solamente el 15% está siendo sometida a este uso, en tanto que el 18%, se utiliza como acahual y el 65% mantiene vegetación primaria. Para el caso de la superficie propuesta para uso agrícola de plantación, se tiene que sólo el 33% presenta este uso, en tanto que el 16% se utiliza bajo el sistema de r-t-q y el 48% tiene aún vegetación primaria. En cuanto a la superficie considerada sin potencialidad agrícola, se tiene que el 59% no tiene un uso y mantiene aún vegetación primaria, sin embargo, el 22% está sometida al sistema de r-t-q y, el 18% esta sometida a un uso de plantación (Figura 12).

En el valle, la agricultura de humedad cubre sólo el 38% de la superficie total, en tanto que la ganadería ocupa una superficie del 20% y las plantaciones ocupan el 10%. Cabe destacar que la superficie inundada por la presa "Miguel de la Madrid" ocupa el 21% de esta área (Figura 12).

Analizando los resultados por cada una de las zona térmicas se tiene que: en la zona cálida, la superficie total propuesta para uso agrícola de roza-tumba-quema, el 33% está siendo sometida a este uso, en tanto que el 27% se utiliza como plantación y el 34% mantiene vegetación primaria. Para el caso de la superficie propuesta para uso agrícola de plantación, el 42% tiene este uso, en tanto que el 16% se utiliza bajo el sistema de r-t-q y el 34% mantiene la vegetación primaria. En cuanto a la superficie considerada sin potencialidad agrícola, sólo el 38% se encuentra

sin un uso agrícola por lo que mantiene aún vegetación primaria,

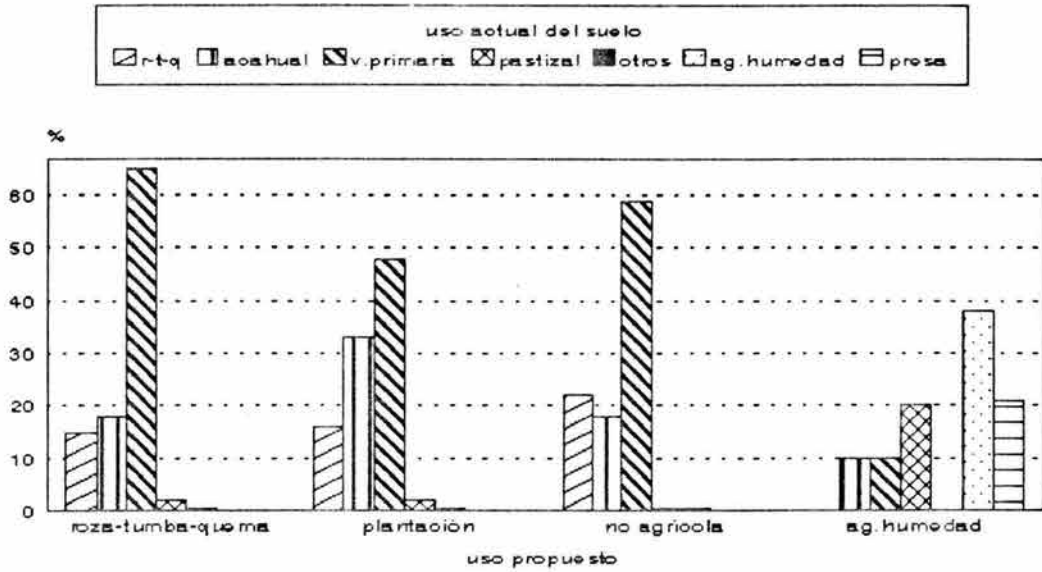


Figura 12 Evaluación del uso actual de suelo vs uso propuesto en Usila, Oax. Superficie total

en tanto que el 37% está sometida al sistema de r-t-q y el 21% presenta un uso de plantación (ver figura 13). A excepción del valle, la ganadería está poco representada en estas superficies.

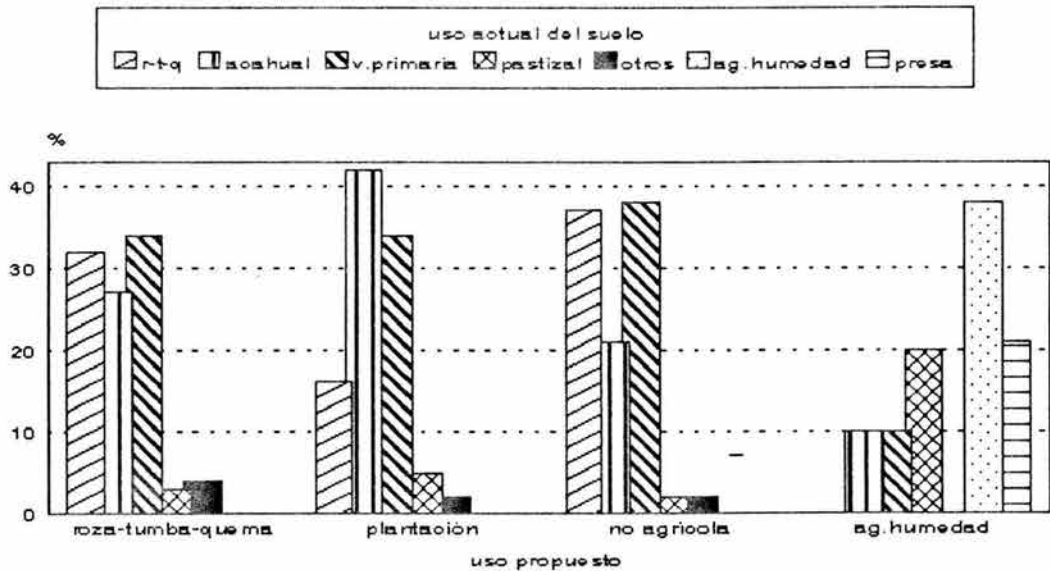


Figura 13 Evaluación del uso actual del suelo vs uso propuesto en Usila, Oax. Zona cálida

En la zona semicálida se tiene que de la superficie total propuesta para uso agrícola de roza-tumba-quema, sólo el 19% está siendo sometida a este uso, en tanto que el 22% se utiliza como plantación y el 34% mantiene vegetación primaria. Para el caso de la superficie propuesta para uso agrícola de plantación se tiene que el 37% tiene este uso, en tanto que el 22% se utiliza bajo el sistema de r-t-q y la vegetación primaria cubre el 40%. Finalmente, la superficie considerada sin potencialidad agrícola tiene más de la mitad (56%) con vegetación primaria, en tanto que el 24% está sometida al sistema de r-t-q y el 21% mantiene cultivos de plantación (ver figura 14).

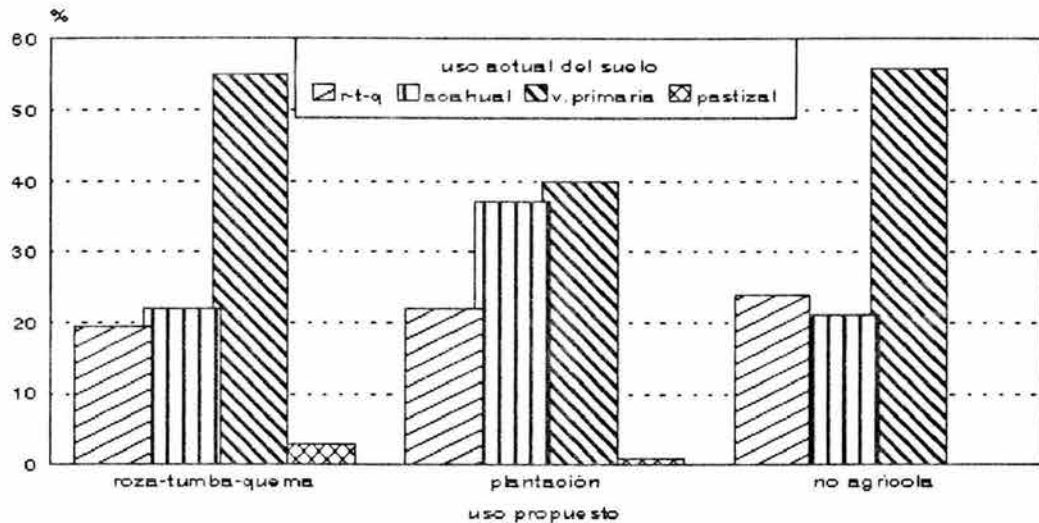


Figura 14 Evaluación del uso actual del suelo vs uso propuesto en Usila, Oax. Zona Semicálida

Finalmente la zona templada muestra una predominancia de la vegetación primaria sobre las actividades agrícolas. En efecto, de la superficie total propuesta para uso agrícola de roza-tumba-quema sólo el 4% está siendo sometida a este uso, en tanto que el 7% se utiliza como plantación y el 90% mantiene vegetación primaria. Para el caso del de la superficie propuesta para uso agrícola de plantación tenemos que el 10% tiene este uso, en tanto que sólo el 1% se utiliza bajo el sistema de r-t-q y la vegetación

primaria cubre el 89%. En cuanto a la superficie considerada sin potencialidad agrícola se tienen que 88% mantiene la vegetación primaria, en tanto que el 2% está sometida al sistema de r-t-q y el 10% mantiene cultivos de plantación (ver figura 15).

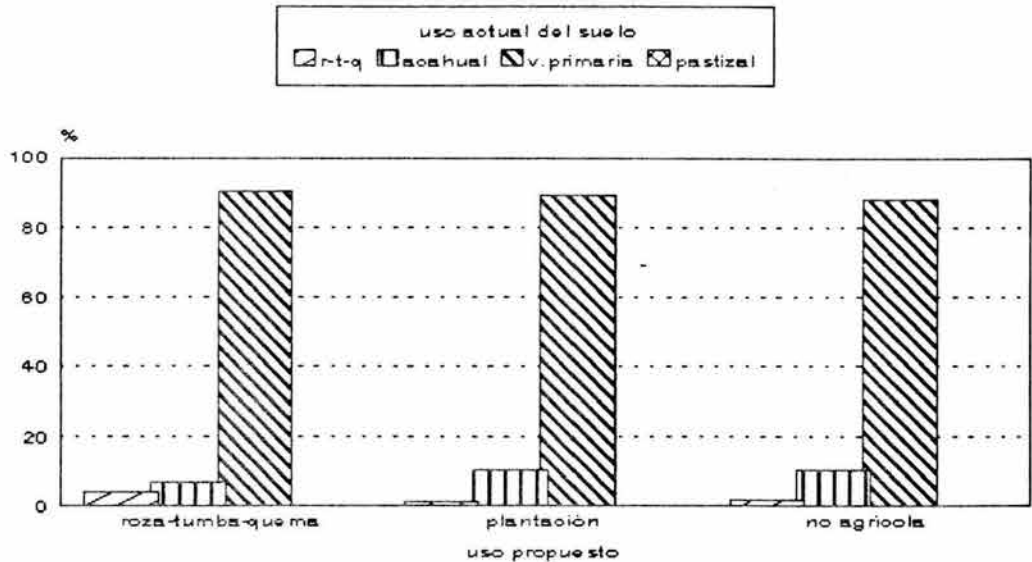


Figura 15 Evaluación del uso actual del suelo vs uso propuesto en Usila, Oax. Zona templada

Estos resultados nos muestran que para 1980 (año de la fotografía aérea), las superficies que aquí se definieron con potencialidad para sostener una agricultura de r-t-q y de plantación, mantienen un poco más de 6 mil ha con vegetación primaria (38% de la superficie total), Por otra parte, destaca el hecho de que en las superficies consideradas sin potencialidad agrícola, exista un uso agrícola intenso, que en el caso de la r-t-q es incluso mayor que en los terrenos con más adecuados. Asimismo, la inundación provocada por la presa afectó considerablemente las tierras más fértiles de Usila puesto que se perdieron alrededor de 433 ha.

### 6.5. Evaluación del uso actual del suelo

De acuerdo con los usos propuestos, el uso actual puede evaluarse como uso adecuado si éste corresponde a la propuesta de uso y, por el contrario, se puede evaluar como no adecuado si el uso actual no corresponde al uso propuesto. Para el caso de la presencia de vegetación primaria se puede decir, en tal caso, que los terrenos están siendo conservados.

El cuadro 17 muestra los resultados de dicha evaluación, en donde se muestra que de la superficie total de la comunidad de Usila el 23% está siendo utilizada bajo un uso adecuado y que el 27% está bajo un uso inadecuado. En tanto, el 50% de la superficie total permanece con la cubierta vegetal primaria.

Evaluación de uso del suelo	zona cálida			zona semicálida			zona templada			total	
	sup. ha	proporción zona %	proporción total %	sup. ha	proporción zona %	proporción total %	sup. ha	proporción zona %	proporción total %	sup. ha	proporción %
adecuado	1561	34	43	1914	23	52	178	5	5	3654	23
no adecuado	1963	42	44	2307	28	52	189	6	4	4459	27
conservado	1108	24	14	3946	48	49	3056	89	38	8110	50
suma	4632	100	29	8167	100	50	3424	100	21	16222	100

Cuadro 17 Evaluación del uso actual del suelo total y por zona térmica en Usila Oax..

Analizando los resultados de esta evaluación por zonas térmicas, se tiene que la zona cálida es la que está sometida a un uso más intenso y presenta mayor proporción de superficie con usos inadecuados participando con el 44% del total y con el 42% en relación con la zona cálida. La zona semicálida, por su parte, participa con el 52% del total y con el 28% con respecto a la zona semicálida. La zona templada, en cambio, sólo participa con el 6% del total y con el 4% con respecto la zona templada.

Por lo que respeta uso adecuado del suelo, se tiene que el 52% de la superficie total con un uso adecuado se presenta en la zona semicálida, el 43% en la zona cálida y el 5% en la zona semicálida



y, por último, las superficies conservadas son muy abundantes en las tres zonas; La zona templada participa con el 38% de la superficie total conservada, la zona semicálida participa con el 49% y, la zona cálida participa con el 24% (Figura 16).

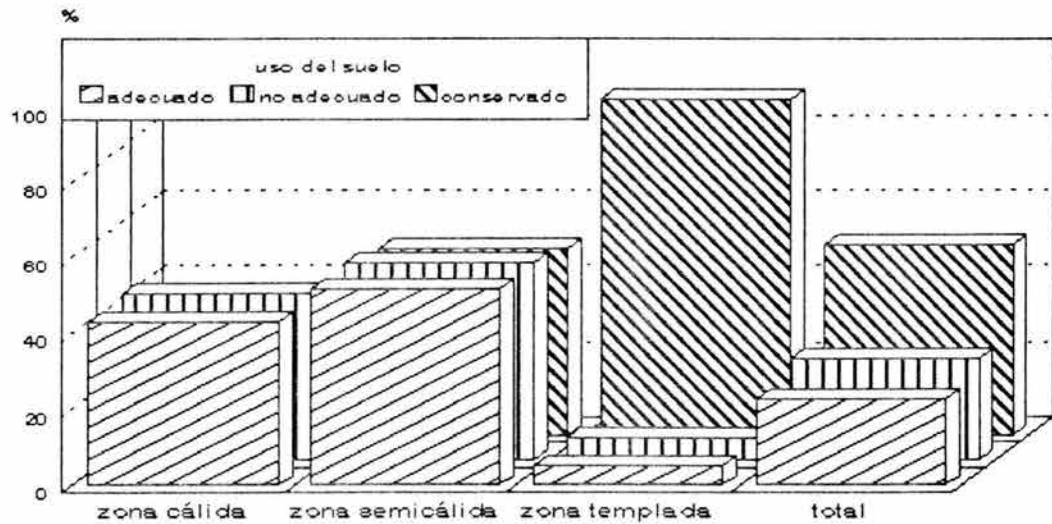


Figura 16 Evaluación del uso actual del suelo por zona térmica y superficie total en Usila, Oax.

## 9. DISCUSIÓN

Este trabajo considera al diagnóstico ecológico como un ejercicio intelectual que permite conocer y evaluar el estado actual de los recursos naturales con el fin de hacer un uso racional y adecuado de ellos, y evitar un deterioro que pueda llegar a ser irreversible. Esta concepción parte de un criterio exclusivamente humano, en donde el espacio es considerado como el punto de partida en donde el hombre desarrolla sus actividades vitales. En este sentido la noción de "paisaje" proporciona un marco teórico que permite ubicar a las actividades humanas dentro de los procesos que ocurren en la superficie terrestre, incluidos los flujos de materia y energía de los ecosistemas.

El término "diagnóstico ecológico" puede contener diversos significados, según el enfoque teórico que se emplee. Para la economía, el diagnóstico es parte de un proceso de planeación del desarrollo, en donde se describe y explica la estructura, el funcionamiento y las tendencias de un sistema en particular (Montero *et al*, 1977). Para las ciencias naturales, el término significa conocer el estado actual de los recursos, tales como el suelo, el agua, la vegetación y la fauna, entre otros, pero también implica conocer las interrelación de los organismos con su medio ambiente. En este trabajo se intentó conjuntar ambos enfoques.

Los resultados del diagnóstico ecológico de la Comunidad de San Felipe Usila, proporcionan una idea acerca de la estructura de las actividades primarias que desarrollan los campesinos de la Comunidad y de las tendencias que siguen los diversos procesos productivos en relación con el medio que los sostiene. Pero también nos proporciona una idea acerca de las interrelaciones que guardan los diversos elementos que conforman esa unidad visual denominada paisaje.

El estudio de la interrelación de los organismos con el medio puede verse como un problema de escalas, es decir se le puede

estudiar a nivel de individuos o a nivel de comunidades. Sin embargo, la complejidad de los fenómenos que ocurren en la naturaleza obliga a jerarquizar los niveles de aproximación y a utilizar múltiples escalas a fin de identificar las causas fundamentales que originan los diferentes tipos de paisajes (Fox, 1992).

Las escalas utilizadas en este estudio son visual y espacialmente humanas, en donde su influencia es fácilmente reconocible, pero el nivel de aproximación es muy descriptivo y no es posible derivar de él, ni tampoco se planteó en los objetivos, una explicación de las posibles interrelaciones que existen entre los organismos y el medio que los sostiene incluido el hombre.

La metodología empleada para el levantamiento de la información parte del reconocimiento de unidades físicas y biológicas con características discretas. Sin embargo, esto no quiere decir que existan en la naturaleza como tales. Se trata, en todo caso, de un problema metodológico, en donde los gradientes son ordenados en términos de clases. Existen muchas formas de determinar estas clases y la empleada aquí es tan sólo una de ellas jerarquizando aquellos factores que tienen mayor relevancia que otros. (Tricart y Kilian, 1982).

La ayuda de los SIG (sistemas de información geográfica), permitió que la definición de unidades ambientales resultara un proceso mucho más manipulable que, conjuntamente con la metodología propuesta por el ITC de Holanda para el levantamiento de información terrestre (Zuidam, 1985), permitieron contar con elementos de análisis para el diagnóstico ecológico. En principio, los resultados obtenidos cubrieron plenamente los objetivos, sin embargo, el levantamiento de información es aún incompleto, sobre todo en lo que se refiere a los datos hidrológicos y edáficos, en donde sólo se obtuvieron datos cualitativos y no se generaron mapas que pudiesen ser utilizados para precisar con mayor

exactitud los límites de las unidades.

Las escalas cartográficas empleadas permitieron obtener una visión de conjunto del estado actual de la zona. La resolución espacial utilizada para la representación cartográfica permitió conocer con cierto detalle las diferencias existentes entre las distintas unidades ambientales. No obstante, es necesario efectuar levantamientos a escalas más grandes, toda vez que las propuestas de uso son bastante generales y no incorporan grados de aptitud, tal como normalmente se especifica en trabajos de zonificación agroecológica (Rojas, 1987; Ortiz Solorio, 1987).

La característica del método empleado para la evaluación del uso del suelo con base en la definición de capacidades agrícolas, es que parte de criterios fijados por el investigador: en este caso a partir de dos formas de utilización posibles, en condiciones de baja tecnología: el cultivo de roza-tumba-quema y los cultivos de plantación, en particular el cacao, la vainilla y el café. Este artificio permitió contar con elementos para la evaluación de tierras, que de otra manera se hubiesen limitado a considerar aspectos subjetivos como por ejemplo, grados de erosión o, a utilizar criterios basados en la clasificación clásica de capacidades de uso de la tierra.

Las propuestas de uso del suelo se realizaron con base en solo cuatro cultivos. Sin embargo, esto no quiere decir que no se puedan introducir otros, incluso varias unidades ambientales permanecieron sin definir los cultivos más adecuados, como es el caso del valle aluvial de la zona cálida y de las laderas suaves y moderadas de litología de terrígenos de la zona semicálida. Las alternativas presentadas se realizaron en función de las posibilidades actuales. No obstante, faltaría construir un banco de datos de la fenología de cultivos posibles, bajo las condiciones existentes en Usila, para tener mayores alternativas de uso.

Un aspecto importante que no fue estudiado en este trabajo es el de la conservación de la biodiversidad, no sólo por su importancia intrínseca, sino por su valor en términos de recurso. Aquí se asumió que la conservación sólo se limita a las áreas con mayores riesgos de inestabilidad del medio ambiente físico, tales como laderas fuertes y escarpes. Este trabajo no pudo sustraerse a esta orientación agronómica, sin embargo, los programas de apertura de tierras para la agricultura o para el desarrollo forestal, deberán evaluar la conveniencia de explotar los terrenos que en primera instancia resultaron con capacidad agrícola y, profundizar en los estudios ecológicos para definir áreas de conservación. Sin embargo la integración de estudios ecológicos como base para tomar decisiones en torno a la utilización de terrenos vírgenes ha sido, desde luego, mínima, como es el caso de la colonización del trópico (Ewell y Poleman, 1980, Tudela, 1990). No obstante existen esperanzas de que se tomen en cuenta criterios ecológicos para la asignación de distintos usos del suelo, sobre todo en territorios étnicos (Barrera y Boege, 1990).

En este sentido los elementos que se desprenden de este trabajo permiten contar con una base de información para el ordenamiento territorial de las actividades productivas. Sin embargo, los resultados necesitan ser contrastados con la concepción que, sobre los recursos naturales, tienen los campesinos de Usila. Más aún, si consideramos que la caracterización etnoecológica que los chinantecos tienen del paisaje es muy compleja (Martin, 1993).

Esto es muy importante ya que el ordenamiento del territorio no consiste solamente en realizar la cartografía y en efectuar las propuestas de uso racional, se trata también, y esto es quizá el centro de todo, de llevar a la práctica con los grupos sociales, una transformación y una reconversión de las tierras (Tricart y Kilian, 1982).

En el caso de Usila la delimitación del área de estudio a partir de la propiedad agraria, permitirá realizar propuestas viables, en términos de la toma de decisiones político-administrativas. Pero hace falta conocer con mucho más detalle las formas culturales propias de los campesinos de Usila a través de las cuales usufructúan los recursos. Ello, con la finalidad de que las propuestas gocen de un consenso y de viabilidad. La información que contiene este trabajo constituye tan sólo una parte de este proceso. No obstante, los resultados permiten orientar la discusión hacia aquellos usos del suelo que están siendo un problema y aquellos que en un futuro podrían serlo.

Los resultados nos muestran que para 1980, las superficies que aquí se definieron con potencialidad para sostener prácticas agrícolas, tanto de roza-tumba-quema como de plantación, suman poco más de 10,900 ha, de las cuales 6,000 se encuentran cubiertas con vegetación primaria (38% de la superficie total), lo que quiere decir que existe una gran cantidad de terreno disponible para la agricultura. Para ampliar la superficie agrícola se deberán considerar muchos factores, tal vez el más importante sería el de cómo conservar la riqueza, que en términos de biodiversidad poseen estas grandes extensiones aún vírgenes.

La reconversión de las superficies sujetas a usos inadecuados no es, desde luego, un problema menor, requiere de una concientización de los problemas que puede generar continuar con esa explotación irracional y, también de formas de negociación entre los productores para cambiar el uso del suelo de grandes superficies. Destaca el hecho de que en la superficie considerada aquí sin capacidad agrícola, exista un uso intenso, como es el caso de la zona cálida en donde la superficie bajo explotación de r-t-q es mayor que en los terrenos adecuados. Al mismo tiempo que existe superficie con cobertura vegetal primaria en terrenos sin capacidad de uso agrícola. Las explicaciones de este fenómeno pueden deberse quizá, al acaparamiento de las mejores tierras por



parte de algunos campesinos, sobre todo en las partes bajas, manteniendo superficies con vegetación primaria, dejando a otros la alternativa de ocupar terrenos de baja calidad o incursionar en terrenos vírgenes mucho más alejados de los centros de población.

La reconversión de terrenos hacia prácticas agrícolas más acordes con la capacidad agrícola de las unidades ambientales, parece ser una tarea prioritaria en Usila, no sólo en aquellos terrenos que no tienen capacidad de uso agrícola, sino que, incluso, en aquellos terrenos que están siendo utilizados como plantaciones cuando su capacidad es más hacia el cultivo de r-t-q o viceversa.

Se trataría en términos absolutos de reconvertir 4459 ha, de las cuales, el 44% se encuentran en la zona cálida, el 52% en la zona semicálida y el 4% en la zona templada. Obviamente no es una tarea fácil, sin embargo, con el impulso que tienen los programas de introducción de nuevos cultivos como el cacao, y la expectativa que se tiene en la zona con el cultivo de vainilla, se puede ir incursionado hacia la reconversión de superficies.

Un caso especial es el valle aluvial, puesto que la inundación provocada por la presa afectó considerablemente esas tierras (las más fértiles de Usila) ya que se perdieron alrededor de 433 ha (21%). Este hecho, aunado al avance de la ganadería, la cual ocupa el 20% de la superficie del valle, pueden originar presiones fuertes sobre los terrenos de ladera que, como se desprende de los resultados, su utilización se realiza indiscriminadamente.

El problema de la ganadería merece un comentario adicional, se trata de una práctica extensiva en las mejores tierras, ya que, en ladera, los resultados son muy limitados y poco redituables (Ibarra, 1990). Esta práctica no se incluyó dentro de las recomendaciones del uso del suelo debido a que para mejorarla se requiere de una fuerte inversión de capital y de un conocimiento ganadero que no existe en esta región. Sin embargo, esta práctica existe y, como en todo el trópico, amenaza con desequilibrar los sistemas de producción empleados hasta ahora. Para hacer frente a este problema, es necesario contar con alternativas productivas



que sean más redituables desde el punto de vista económico y que incentiven a los campesinos a invertir trabajo y tierra en actividades más adecuadas a las condiciones ecológicas de su entorno.

Por último, la situación que guarda el uso del suelo en Usila, no parece diferir en mucho lo que sucede en otras regiones (PAIR, 1993) y, en general la que existe en el territorio nacional (Toledo, Carabias, Toledo y González-Pacheco, 1989) e incluso podría parecer que la relación existente entre uso adecuado e inadecuado es mucho mejor, sin embargo las expectativas son inciertas, depende en última instancia de la voluntad de los usileños por conservar su patrimonio y de los deseos que tengan para efectuar un adecuado aprovechamiento de sus recursos naturales.

LITERATURA CITADA

- Alfaro, M. D. 1992. El aprovechamiento múltiple de los recursos naturales y la producción de la unidad doméstica campesina en la región de Tuxtepec. En: Manejo de Recursos Naturales en la Chinantla. (S. Anta, coord.) Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales. Fundación Friedrich Hebert y Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 105-124.
- Anta, S. (Coord.). 1992. Manejo de Recursos Naturales en la Chinantla. Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales. Fundación Friedrich Hebert y Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 250 pp.
- Arias, R. L. 1980. La producción milpera actual en Yaxcabá, Yucatán. En: Seminario de Producción Agrícola en Yucatán. E. Hernández X. y M. Padilla O. (Eds.). Secretaría de Programación y Presupuesto, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Gobierno del Estado de Yucatán, Mérida pp. 46-59.
- Aronoff, S. 1989. Geographic information systems: a management approach. WDL, Publications, Canadá pp. 31-45.
- Barrera, N. y E. Boege, E. 1990. Notas sobre la producción y los recursos naturales en los territorios étnicos: una reflexión metodológica. En: En Busca del Equilibrio Perdido. R. Rojas (coord.). Universidad de Guadalajara. Guad. Jalisco. pp. 35-78.
- Barros, R. S. y Maestri, M. 1977. Coffee. En: Ecophysiology of Tropical Crops. Alvim, P. de T. y T. T. Kozlowsky. (Eds). Academic Press. New York, pp. 249-277.
- Bartolomé, M. y A. Barabás. 1990. La Presa Cerro de Oro y el Ingeniero el Gran Dios. Tomo I. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes, Instituto Nacional Indigenista. México, D.F. 214 pp.
- Bocco, G. y C. R. Valenzuela. 1988. Integration of GIS and image processing in soil erosion studies using ILWIS. ITC Journal 4:309-318.
- Burrough, P. A. 1986. Principles of Geographic Information System for Land Resources Assessment. Oxford University Press. New York. 567 pp.

- Carabias Lillo, J. 1989. La política ecológica de la SEDUE. En: Estancamiento Económico y Crisis Social en México 1983-1988. Tomo II. J. Lechuga y F. Chávez. (Coord.). Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F. pp 87-115.
- Castillo, R. 1989. Morfología y fenología de *Vanilla planifolia* en Papantla, Veracruz. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. de México. 80 pp.
- Christian, C. S. y G. A. Stewart. 1968. Methodology of integrated surveys. Conf. Principles Methods Integrated Aerial Studies Nat. Res. Potential Devlop. FAO-UNESCO, Toulouse France. pp. 233-280.
- Cline, H. 1959. A Preliminary report of chinantec archeology: excavations in Oaxaca, México. En: XXXIII Congreso Internacional de Americanistas. San José, Costa Rica. pp. 158-170.
- Colegio de Postgraduados 1977. Manejo de suelos. En: Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Secretaría de Programación y Presupuesto. Chapingo, Edo. de México. pp. 65-127.
- Dangermond, J., B. Derrenbacher y E. Harnden. 1982. Description of techniques for automation of regional natural resource inventories. Environmental Systems Research Institute. Journal 5: 9-33.
- Dansereau, P. 1957. Biogeography: An Ecological Perspective. Ronald Press, New York.
- DETENAL. 1979. Instructivo de la Carta de Uso Potencial. Dirección Nacional de Estudios del Territorio Nacional. México, D.F. 25 pp.
- Diario Oficial de la Federación. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México. D.F. 28/1/1988.
- Duch, G. J. 1980. Propositiones metodológicas para la determinación del potencial de uso agrícola de las tierras. En: Seminario de Producción Agrícola en Yucatán. E. Hernández X. y M. Padilla O. (eds). Secretaría de Programación y Presupuesto, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Gobierno del Estado de Yucatán, Mérida pp. 60-128.

- Enríquez, G. A. 1983. El Cultivo del Cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica 162 pp.
- Espinosa, M. 1961. Apuntes históricos de las tribus Chinantecas, Mazatecas y Popolucas. En: Papeles de la Chinantla III, Escuela Nacional de Antropología e Historia. México, D.F. pp. 73-75.
- Estrada R. G. y G. Urbán L. (Inédito). El Medio físico en la zona de Usila. Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 18 pp.
- Ewell, P.T. y Poleman, T. T. 1980. Uxpanapa reacomodo y desarrollo agrícola en el trópico mexicano. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos bióticos. Xalapa. 281 pp.
- FAO. 1980. Agroecological Zones Project: methodology and results for South and Central America. Vol 3. World Soil Resources Report 48/3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 251 p.
- Fox, J. 1992. The Problem of sacale in community resource management. Environmental Management. Vol. 16 no. 3, pp 289-297.
- García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación de Köeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República). OFSETT. La-Rios. México, D.F. 71 p.
- Gerhard, P. 1972. A Guide to the Historical Geography of New Spain. Cambridge University Press. Cambridge. pp. 300-305.
- González Montero, J. *et al.* 1977. La Planificación del Desarrollo Agropecuario. Vol 2. Siglo XXI, 2ª Ed. 332 pp.
- Guerra, P. F. 1980. Fotogeología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 337 pp.
- Haarer, A. E. 1982. Producción Moderna de Café. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. México. D.F. 652 pp.
- Hardy, F. 1961. Manual de Cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica 162 pp.

- Hernández M. y J. Múgica. 1993. Estudio de la vegetación secundaria utilizada para el cultivo de la vainilla en el Municipio de Usila, Oax. Resúmenes del XII Congreso Mexicano de Botánica, Mérida, Yucatán. México. pp. 128.
- Hernández X. E. A. Ramos R. 1977. Metodología para el estudio de agroecosistemas con persistencia de tecnología agrícola tradicional. En: Agroecosistemas de México, Contribuciones a la Enseñanza, Investigación y Divulgación Agrícola. (E. Hernández X. Coord.). Colegio De Postgraduados. Chapingo, México. 557 pp.
- Ibarra, T. E. 1992. Ganaderización en la región de Usila. En: Manejo de Recursos Naturales en la Chinantla. (S. Anta, coord.) Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales. Fundación Friedrich Hebert y Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 179-190.
- INEGI (a). 1993. Guías para la interpretación de cartografía: Edafología. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Segunda reimpresión. Ags. México. 48 pp.
- INEGI (b). 1993. Guías para la Interpretación de Cartografía: Uso del Suelo y Vegetación. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Segunda reimpresión. Ags. México. 50 pp.
- Klingebiel, A. A. y P.H. Montgomery. 1961. Land Capability Classification. Agr. Handbook. 210. USDA. 21 p.
- León, A. R. 1972. El Levantamiento fisiográfico como una alternativa para hacer recomendaciones regionales del uso de la tierra. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 69 pp.
- Lipp, F. J. 1971. Ethnobotany of the Chinantec Indians, Oaxaca, Mexico. Economic Botany. 25:234-244.
- López Paniagua, J., G. Estrada R. y G. Urbán L. (Inédito). Ecogeografía de la porción baja de los Municipios de San Felipe Usila y San Juan Bautista Valle Nacional. Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 41 pp.

- Lugo, Hubb. J. 1986. La Geomorfología Moderna y su Importancia en los Estudios del Relieve Mexicano. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 25 pp.
- Lugo Hubb. J. 1988. Elementos de Geomorfología Aplicada. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 128 pp.
- Maas, J. y A. Martínez-Yrizar. 1990. Los Ecosistemas: Definición, Origen e Importancia del Concepto. Ciencias no. esp. 4:10-20.
- Marsh, W. M. 1991. Landscape Planning: Environmental Applications. John Wiley & Sons, Second Edition. New York. 340 pp.
- Martin, G. J. 1993. Ecological classification among the Chinantec and Mixe of Oaxaca, México. Etnoecológica, vol 1, no. 2. pp.17-33.
- Martínez, A. 1981. La Sombra para el Cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica 142 pp.
- Martínez. Madrid. L. 1992. Levantamiento ecofisiográfico de la Comunidad de Zoyatlán de Juárez, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 110 pp.
- Martínez Saldaña, T. 1990. Agricultura y Estado en México, Siglo XX. En: La Agricultura en Tierras Mexicanas Desde sus Orígenes Hasta Nuestros Días. T. Rojas R. (Coord). Consejo Nacional para la Cultura y las Artes y Editorial Grijalbo. México, D.F. pp. 301-385.
- Medinilla, R., M., Hernández M. y C. Eleuterio J. 1989. El Cultivo de la Vainilla en Usila, Oax. Dirección General de Culturas Populares, Unidad Regional de Tuxtepec, Oax. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. 35 pp.
- Milán Valdez. S. (Inédito). Estudio de hidrología superficial del Distrito de Desarrollo Rural No. 109 de la SARH, Oaxaca. Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 67 pp.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and Methods of



- Vegetation Ecology. Wiley. New York. 547 pp.
- Muench Navarro P. 1980. El concepto: proceso de producción agrícola. En: Seminario de Producción Agrícola en Yucatán. E. Hernández X. y M. Padilla O. (eds). Secretaría de Programación y Presupuesto, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Gobierno del Estado de Yucatán, Mérida pp. 60-84.
- Naveh, Z. y A.S. Lieberman. 1984. Landscape Ecology, Theory and Application. Springer-Verlag. New York. 356 pp.
- Nolasco, M. 1985. Café y Sociedad en México. Centro de Ecodesarrollo. México, D.F. 454 pp.
- Ojeda Trejo, E. D. Pájaro Huertas y C. Ortiz Solorio. 1987. Zonificación agroecológica de cultivos. Curso-Taller, Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Chapingo México. 300 p.
- Ortiz Solorio, C. 1987. Evaluación de tierras de México para la producción de maíz, frijol y sorgo en condiciones de temporal. Serie Cuadernos de Edafología. No. 8. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 45 pp.
- Ortiz Solorio, C. y H. Cuanalo de la C. 1977. Levantamiento fisiográfico del área de influencia de Chapingo, para la cartografía de tierras erosionadas. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 85 pp.
- Ortiz-Solorio, C. y H. Cuanalo de la C. 1978. Metodología del levantamiento fisiográfico. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mex. 85 pp.
- PAIR. 1993. Los Umbrales del Deterioro: la dimensión ambiental de un desarrollo desigual en la región Purépecha. Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales, Universidad Nacional Autónoma de México y Fundación Friedrich Ebert. 272 pp.
- Peña, O.B. 1974. Evaluación del levantamiento fisiográfico de la region sud-oriental del Valle de Mexico. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 64 pp.
- Ponce, H.R. y H. Cuanalo. 1977. Regionalización del ambiente basado en la fisiografía y su utilidad en la producción agropecuaria. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mexico. 56



- pp.
- Purseglove, J. W. 1974. Tropical Crops, Dicotyledons. Longman Group Limited, London. 719 pp.
- Purseglove, J. W. *et al.* 1981. Vanilla. En: Spices Vol. 2 Longman Group Limited, New York. pp.664-735.
- Rodiles H. R. (Inédito). Inventario de especies acuícolas y análisis de la actividad pesquera en la cuenca del río Usila. (Proyecto de investigación). Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 8 pp.
- Rojas, E. O. 1987. Zonificación agroecológica para el cultivo del café (*Coffea arabica*) en Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 83 pp.
- Romero Frizzi, M. A. 1990. La Agricultura en la época colonial. En: La Agricultura en Tierras Mexicanas Desde sus Orígenes Hasta Nuestros Días. T. Rojas R. (Coord). Consejo Nacional para la Cultura y las Artes y Editorial Grijalbo. México, D.F. pp. 139-214.
- Rossignol, J. P. 1987. La Morfoedafología un método para el estudio del medio biofísico para la ordenación. En: La Morfoedafología en la Ordenación de los Paisajes Rurales, Conceptos y Primeras Aplicaciones en Mexico. Instituto Nacional de Investigaciones sobre los Recursos Bióticos. Xalapa. pp. 5-23.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F. 432 p.
- SARH. 1980. Estudio para la elaboración de la manifestación de impactos ambientales producidos por la presa Cerro de Oro, Oaxaca. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F. 373 pp.
- SEDESOL. 1990. Programa de ordenamiento ecológico para el desarrollo turístico y urbano del Municipio de Los Cabos, Baja California Sur. Organización de Estados Americanos y Secretaría de Desarrollo Social. México. D.F. 94 pp.
- SEDUE. 1988. Regionalización ecológica del territorio. Secretaría

- de Desarrollo Urbano y Ecología. Folleto de Divulgación. México, D. F. 10 pp.
- SEDUE. 1993. Manual de ordenamiento ecológico del territorio. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. México.D.F. 355 pp.
- Soto R. J. y S. Herrera E. 1987. Ecología del cacao. En: El Cacao en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. México, D.F. p 29-37.
- Tansley, A. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16:284-307.
- Toledo, M. V., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco. 1989. La Producción Rural en México: alternativas ecológicas. Fundación Universo Veintiuno. México, D. F. 402 pp.
- Tricart, J. 1981. La Tierra. planeta viviente. Akal. Madrid. 171 pp.
- Tricart, J. y J. Kilian. 1982. La Eco-Geografía y la Ordenación del Medio Natural. Anagrama. Madrid. 288 pp.
- Tudela, F. (Coord.). 1989. La Modernización Forzada del Trópico: el caso de Tabasco. Colegio de México. México, D.F. 475 pp.
- Valenzuela, C. y M.F. Baumgardner. 1980. Selection of appropriate cell sizes for thematic maps. *ITC Journal*. 3:219-223.
- Valenzuela, C. 1988. ILWIS: overview. *ITC Journal*. (1):4-14.
- Vallejo Rodríguez J. 1977. La agricultura. En: Recursos Naturales de la Cuenca del Papaloapan. . J. L. Tamayo y E. Beltrán (Coord.). Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F. pp. 469-501.
- Vara M. A. 1980. La dinámica de la milpa en Yucatán: el solar. En: Seminario de Producción Agrícola en Yucatán. E. Hernández X. y M. Padilla O. (Eds). Secretaría de Programación y Presupuesto, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Gobierno del Estado de Yucatán, Mérida pp. 129-168.
- Vink, A. 1975. Land Use in Advancing Agriculture. Springer- Verlag. Berlín, Heidelberg, New York. 459 pp.

- Wal, J. van der. Inédito. Suelos de la Región de Tuxtepec, Oax. Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 30 pp.
- Wal, J. van der. 1992. El Cultivo de maíz en la chinantla: problemática y alternativas. En: Manejo de Recursos Naturales en la Chinantla. Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales. Fundación Friedrich Hebert y Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 133-158 pp.
- Walsh, S. 1985. Geographic information system for natural resource management. *Journal of Soil and Water Conservation* 40(2):202-205.
- Weitlaner, R. J. y C. A. Castro. 1973. Usila (morada de colibríes). *Papeles de la Chinantla VII*. Museo Nacional de Antropología. Serie Científica No. 11. México, D. F. 268 pp.
- Wood, G.A.R. 1982. Cacao. Compañía Editorial Continental, S.A. de C. V. México. D. F. 158 pp.
- Zuidam, R. A. van. 1985. Aerial Photointerpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping. Smits Publishers. The Hague. The Netherlands. 575 pp.
- Zonneveld, I. 1979. Land evaluation and land (scape) science. En: *Use of Aerial Photographs in Geography and Geomorphology*. ITC Textbook of Photointerpretation. Vol. VII. ITC, Enschede, The Netherlands. 589 p.