



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

LEVANTAMIENTO DE SUELOS DE LA
RESERVA ECOLOGICA
SIERRA DE SAN JUAN, NAYARIT

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

(E D A F O L O G I A)

P R E S E N T A:

JOSE IRAN BOJORQUEZ SERRANO

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSE LOPEZ GARCIA

MEXICO, D.F.

1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José López García director del presente trabajo, por su amistad, asesoría y apoyo recibido para la culminación exitosa de esta tesis.

Agradezco a mi comité tutorial, quienes evaluaron y asesoraron este proyecto durante 4 semestres.

Dr. José López García
Dr. David Flores Román
Dr. Gilberto Hernández Silva

Mi reconocimiento a los profesores e investigadores integrantes del jurado de tesis de grado, por sus valiosas sugerencias para la mejor presentación de esta tesis.

Presidente:	M. en C. Nicolas Aguilera Herrera
Primer vocal:	Dr. Gilberto Hernández Silva
Segundo vocal:	Dr. David Flores Román
Tercer vocal:	Dr. José López García
Secretario:	M. en C. Jorge E. Gama Castro
Suplente:	M. en C. Miguel Angel Valera Pérez
Suplente:	Dra. María Engracia Hernández Cerda

A los profesores e investigadores que influyeron en mi formación durante los estudios de maestría.

Dr. José López García
M. en C. Nicolas Aguilera Herrera
Dr. Antonio Guerra Delgado
Dr. José Luis Mudarra Gómez
Dr. David Flores Román
M. en C. Rubén Guajardo Vieyra+
M. en C. Rosalía Ramos Bello
Dra. Norma Eugenia García Calderon
Dr. Jorge López Blanco
Dr. José Juan Zamorano Orozco
M. en C. Lourdes Vargas
M. en C. Laura Reyes Ortigoza

A mis compañeros y amigos de estudios, especialmente a Sara, Paty, Miguel, Emiliano, Guillermo, Esther, Nacho, José Carmen, Francisco, Abel, Heladio, Carolina y Luz María.

A mis compañeros y amigos de trabajo de la CIC-UAN, Rosa Esthela, Manuel, Saúl, Blanca, Susana y Consuelo.

Mi reconocimiento y gratitud a las siguientes instituciones y dependencias, por su fundamental apoyo para la realización de mis estudios de maestría y de este trabajo.

Universidad Autónoma de Nayarit; a la Coordinación de Investigación Científica, la Coordinación General de Enseñanza Superior, la Dirección de Escuelas Preparatorias y el SPAUAN.

Universidad Nacional Autónoma de México; al Instituto de Geografía, la Facultad de Ciencias y la Dirección General de Intercambio Académico.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

DEDICO este trabajo a Ana Isabel, a mis padres, hermanos y amigos. Especialmente a quienes me han proporcionado cobijo y apoyo para la continuidad de mis estudios.

Celia Medina y Jaime Robles Bojórquez+
María F. Bojórquez y Agustín Orozco
Lourdes Pacheco y Agustín Castillo

CONTENIDO

	Pag.
Indice de cuadros	VI
Indice de figuras	VI
Indice de fotografías	VII
RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	3
II. ANTECEDENTES	
2.1. Concepto de suelo.	5
2.2. Levantamientos edafológicos.	5
2.2.1. Unidades de mapeo de suelos.	6
2.2.2. Leyenda de campo.	6
2.2.3. Mapeo sistemático.	7
2.2.4. Clasificación taxonómica de suelos.	8
2.2.4.1. Leyenda del Mapa Mundial de Suelos.	8
2.2.4.2. Sistema americano de clasificación de suelos.	9
2.2.5. Compilación del mapa y su informe.	10
2.3. Evaluación de tierras	11
2.3.1. Sistema de clasificación por capacidad de uso de las tierras.	12
2.3.2. Sistema de clasificación de tierras Bèek (1978).	14
2.4. El cultivo de la caña de azúcar.	15
2.4.1. Variedades	15
2.4.2. Requerimientos del cultivo.	16
2.4.3. Nivel de rendimientos.	18
III. DESCRIPCION DE LA ZONA EN ESTUDIO	
3.1. Localización.	19
3.2. Clima.	19
3.3. Geología.	20
3.4. Hidrología.	24
3.5. Suelos.	24
3.6. Uso del suelo y vegetación.	26
3.7. Aspectos socioeconómicos.	30
3.7.1. Demografía.	30
3.7.2. Actividades económicas.	32
3.7.3. Infraestructura económica.	32
3.7.4. Tenencia de la tierra.	32
IV. METODOLOGIA	
4.1. Levantamiento de suelos.	34
4.1.1. Fase preparatoria.	34
4.1.1.1. Especificaciones.	34
4.1.1.2. Recopilación de información.	35
4.1.1.3. Análisis de la información climática.	35
4.1.1.4. Fotointerpretación.	36

4.1.1.5. Leyenda fisiográfica preliminar y selección de sitios de muestreo.	Pag.
	36
4.2.2. Fase de campo.	36
4.2.3. Fase de laboratorio.	36
4.2.4. Fase de compilación de mapas.	37
4.2.4.1. Clasificación taxonómica de perfiles.	37
4.2.4.2. Transferencia de la información.	37
4.2.4.3. Leyenda fisiográfica-edafológica definitiva.	37
4.2. Digitización de mapas.	37
4.3. Interpretación del levantamiento.	38
4.3.1. Clasificación por capacidad de uso de las tierras.	38
4.3.2. Evaluación de las tierras para el cultivo de caña de azúcar.	38
V. RESULTADOS Y DISCUSION	
5.1. Unidades climáticas.	45
5.2. Unidades de uso del suelo y vegetación.	47
5.3. Unidades fisiográficas y de mapeo de suelos.	52
A. UNIDAD DE MONTAÑA VOLCANICA DENUDATIVA.	
A1. Laderas con depósitos de pómez, pumicitas y cenizas volcánicas sobre coladas de basalto del Mioceno.	52
A11. Laderas con pendiente inferior a 15%.	52
A12. Laderas con pendiente entre 15 y 40%.	58
A13. Laderas con pendiente superior a 40%.	60
A2. Laderas con depósitos de pómez y pumicitas sobre coladas de andesitas.	64
A21. Laderas con pendiente entre 15 y 40%.	64
A22. Laderas con pendiente superior a 40%.	66
A3. Abanicos de nivelación de depósitos de pómez, pumicitas y cenizas volcánicas (terrazas erosivas).	67
A31. Terrazas con pendiente entre 3 y 7%.	68
A32. Terrazas con pendiente entre 7 y 12%.	72
A33. Terrazas con pendiente entre 12 y 25%.	73
A34. Talud y fondo de barrancos.	77
A4. Coladas de basalto andesítico del Pleistoceno.	83
B. UNIDAD DEPOSICIONAL.	
B1. Piedemonte coluvio-aluvial.	85
B2. Llanura aluvial.	87
5.5. Interpretación del levantamiento de suelos.	88
5.5.1. Clasificación por capacidad de uso de las tierras.	88
5.5.2. Evaluación de las tierras para el cultivo de la caña de azúcar.	91
VI. CONCLUSIONES	99
VII. REFERENCIAS	101
ANEXOS	
1: Análisis crítico del levantamiento.	104
2: Leyenda fisiográfica-edafológica.	105
3. Concentrado de análisis físicos y químicos.	107
4. Mapa de uso del suelo y vegetación.	113
5: Unidades de mapeo de suelos.	114

INDICE DE CUADROS

		Pag
Cuadro 1.	Grupos mayores del mapa mundial de suelos.	9
Cuadro 2.	Órdenes y Subórdenes del sistema americano de clasificación de suelos.	10
Cuadro 3.	Factores para la clasificación de tierras según su capacidad de uso.	13
Cuadro 4.	Datos climáticos de las estaciones mas cercanas a la reserva ecológica Sierra de San Juan.	25
Cuadro 5.	Subcuencas hidrológicas de la reserva ecológica Sierra de San Juan.	26
Cuadro 6.	Familias mejor representadas en cuanto a número de géneros y especies en la reserva.	30
Cuadro 7.	Viviendas y población total de las comunidades de la reserva ecológica Sierra de San Juan.	31
Cuadro 8.	Calificación de las clases de terrenos para cada factor limitante.	40
Cuadro 9.	Grados de riesgo a la erosión por nivel de manejo.	41
Cuadro 10.	Grados de disponibilidad de agua y altitud por variedad.	42
Cuadro 11.	Grados de disponibilidad de temperatura.	42
Cuadro 12.	Grados de posibilidad de uso de maquinaria.	43
Cuadro 13.	Grados de disponibilidad de oxígeno.	43
Cuadro 14.	Grados de disponibilidad de nutrientes.	44
Cuadro 15.	Uso del suelo de la reserva ecológica Sierra de San Juan.	47
Cuadro 16.	Uso agrícola de la reserva ecológica Sierra de San Juan.	47
Cuadro 17.	Clasificación por capacidad de uso de las tierras de la reserva ecológica Sierra de San Juan.	90
Cuadro 18.	Clasificación de tierras para el cultivo de la caña de azúcar en la reserva ecológica Sierra de San Juan.	97
Cuadro 19.	Resumen de la clasificación USDA, modificada por CETENAL (1970).	98
Cuadro 20.	Resumen de la clasificación de tierras para caña de azúcar, según Beek (1978).	98

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización de la reserva ecológica Sierra de San Juan.	22
Figura 2.	Modelo Digital del Terreno de la reserva ecológica Sierra de San Juan.	23
Figura 3.	Ubicación hidrológica de la reserva ecológica Sierra de San Juan.	28
Figura 4.	Subcuencas de la reserva ecológica Sierra de San Juan.	29
Figura 5.	Distribución de la tenencia de la tierra en la reserva ecológica Sierra de San Juan.	33
Figura 6.	Unidades climáticas de la reserva ecológica Sierra de San Juan.	48
Figura 7.	Temperatura. Estación climatológica Tepic.	49
Figura 8.	Precipitación. Estación climatológica Tepic.	49
Figura 9.	Temperatura. Estación climatológica Jalcocotán.	50
Figura 10.	Precipitación. Estación climatológica Jalcocotán.	50
Figura 11.	Balance hídrico de la estación Tepic.	51
Figura 12.	Balance hídrico de la estación Jalcocotán.	51
Figura 13.	Grandes Paisajes de la reserva ecológica Sierra de San Juan.	53
Figura 14.	Paisajes de la reserva ecológica Sierra de San Juan.	54

INDICE DE FOTOGRAFIAS

	Pag
Fotografía 1. Perfil 14. Hapludands.	57
Fotografía 2. Paisaje de la unidad de mapeo A11.	57
Fotografía 3. Perfil 13. Hapludands.	61
Fotografía 4. Paisaje de la unidad de mapeo A12.	61
Fotografía 5. Paisaje de la unidad de mapeo A13.	63
Fotografía 6. Cerro Alto. Paisaje de la unidad de mapeo A22.	68
Fotografía 7. Perfil 10. Hapludands.	71
Fotografía 8. Perfil 9. Ochrepts.	71
Fotografía 9. Perfil 3. Hapludands.	74
Fotografía 10. Perfil 1. Hapludands.	74
Fotografía 11. Perfil 6. Udorthents.	76
Fotografía 12. Paisaje de la unidad de mapeo A34.	81
Fotografía 13. Perfil 12. Udorthents.	82
Fotografía 14. Perfil 11. Haplumbrepts.	82
Fotografía 15. Perfil 8. Haplumbrepts.	86

RESUMEN

La reserva ecológica Sierra de San Juan se ubica en el oeste central del estado de Nayarit, comprende una superficie de 26,231 hectáreas y alcanza una altitud máxima de 2240 msnm. El propósito de este trabajo es obtener un levantamiento de suelos, que permita inventariar unidades de mapeo de suelos, sus características y propiedades y de esta manera evaluar, en términos generales, la capacidad de uso de las tierras; en específico, para el cultivo de la caña de azúcar, además, que sirva como base para estudios más detallados.

Se siguió la metodología para levantamientos edafológicos propuesta por el Centro Interamericano de Fotointerpretación (Elbersen *et al.*, 1986). El trabajo se dividió en tres partes: el levantamiento de suelos, la digitización y análisis de mapas y la interpretación del levantamiento de suelos.

Para la elaboración del mapa de suelos de la zona en estudio, la metodología incluyó cuatro fases: preparatoria, de campo, de laboratorio y compilación del mapa y su informe. El banco de datos geográfico de la zona, se elaboró utilizando el Sistema de Información Geográfica ILWIS versión 1.3. Para la interpretación del levantamiento general y semidetallado de suelos, se siguieron 2 sistemas de clasificación; el primero, con fines generales, el sistema por capacidad de uso de las tierras del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, modificado por CETENAL (1970); y el segundo, específico para el cultivo de la caña de azúcar, el sistema de evaluación de tierras propuesto por Beek (1978).

Se definieron 12 unidades de mapeo de suelos, de las cuales, 5 son consociaciones y 7 asociaciones, clasificadas a nivel de Gran Grupo y Suborden y denominadas como Conjuntos. Los suelos identificados, en orden de importancia son: Udorthents, Hapludands, Fulvudands, Ochrepts, Haplumbrepts, y Udalfs.

La vocación de uso de las tierras es como sigue: las unidades de mapeo A13, A22, A4 y la mayor parte de la A21, presentan terrenos de clase quinta a la octava, con vocación forestal y vida silvestre (55.67%). Las unidades A12, A33, A34, B1 y pequeñas superficies de nivelación de la unidad A21, son terrenos de clase tercera a la quinta, con vocación para pastos y agricultura con prácticas especiales de conservación y manejo (33.53%). Las unidades A11, A31, A32 y B2 tienen terrenos de clase primera a la tercera, su vocación es agrícola con ciertas prácticas de manejo de suelos (10.8%).

La evaluación de tierras para el cultivo de la caña de azúcar, Beek (1978), indica que las unidades de mapeo A13, A22, A4 y la mayor parte de la A21, no son aptas para este cultivo (56.96%); la unidad B1 y los taludes en la A34, no son aptas bajo el sistema de manejo mecanizado y restringidas con laboreo mínimo (12.3%); las superficies A12, A33, pequeñas superficies de nivelación en la A21 y los fondos de barrancos en la A34, se consideran restringidas cuando se usa maquinaria y de aptitud regular bajo laboreo mínimo (19.93%); las unidades A31 y A32 tienen aptitud regular con sistema mecanizado y buena, con laboreo

mínimo (2.67%); finalmente, las unidades A11 y B2 presentan aptitud buena, bajo los dos sistemas de manejo del cultivo (8.14%).

Las prácticas de manejo sugeridas de acuerdo con las limitantes son: Dar preferencia al laboreo mínimo, para disminuir la erosión; realizar surcados en contorno, procurando no roturar las partes cercanas a las orillas de las terrazas, para evitar la erosión remontante; establecer sistemas de terrazas y canales de desvío para disminuir los escurrimientos y la erosión del suelo; aplicar dosis y fertilizantes adecuados; realizar encalados; incorporar estiercoladuras y residuos de cosechas para mejorar las propiedades físicas y fertilidad del suelo. Por otro lado, modificar la época de cosecha de la caña, de diciembre a abril, para disminuir el riesgo a incendios forestales.

I. INTRODUCCION

El desarrollo de los pueblos depende en gran medida de la disponibilidad y forma de aprovechar los recursos, en forma especial los recursos naturales renovables, entre ellos, los agrícolas y forestales.

Para la conservación de los recursos naturales es necesario tener en mente la planeación adecuada y uso sostenible de los mismos. En lo que se refiere al recurso suelo, debe ser correctamente caracterizado a fin de conocer con precisión sus propiedades y características por medio de la realización de levantamientos de suelos.

La importancia de un levantamiento de suelos consiste en evaluar y predecir la aptitud y limitantes de los suelos, para el mejor uso y manejo conociendo las características y propiedades de los mismos. Proporciona información teórico-práctica útil en la forma más sencilla posible, de manera que puede ser entendida y aplicada por los diferentes usuarios del suelo, desde un profesional de la rama, hasta un agricultor (Elbersen *et al.*, 1974). También es fuente de información básica para la planeación y programación de actividades agroeconómicas de la región de que se trate.

La zona en estudio, la reserva ecológica Sierra de San Juan tradicionalmente ha sido objeto de explotación económica con base en actividades como la agricultura de cultivos anuales y perennes, explotación de los bosques, ganadería, extracción de materiales para la construcción; todas estas actividades desarrolladas al margen de un ordenamiento vocacional, que a la fecha, ha repercutido en la alteración y desequilibrio ecológico del medio, se expresan en el abatimiento de mantos freáticos, desmontes, incendios forestales, pérdida de suelos, contaminación atmosférica y del agua y deterioro del paisaje en general. Todo ello, repercute directamente en el decremento de la biodiversidad florística y faunística de la región; de manera indirecta en la alteración ambiental de la población de Tepic, capital del Estado.

En 1978, el Consejo Estatal de Desarrollo Urbano de Nayarit emitió la resolución de suspender la explotación de minas a cielo abierto de materiales para la construcción, la práctica de tala y roza para siembra, así como toda aquella actividad que cause daños irreparables al patrimonio del Estado en el Cerro de San Juan. En 1987, el gobierno del Estado decreta la zona como reserva de conservación, de equilibrio ecológico y regeneración del medio ambiente del estado de Nayarit, con el fin de suspender la explotación de depósitos de materiales de construcción, así como toda aquella actividad que lesione a su flora y fauna.

El propósito de este trabajo es obtener un levantamiento de la reserva ecológica Sierra de San Juan, que permita inventariar unidades de mapeo de suelos, sus características y propiedades, y evaluar en términos generales la capacidad de uso de las tierras, y en específico para el cultivo

de la caña de azúcar. Además, que sirva como base para levantamientos mas detallados. Con los siguientes objetivos y metas específicos:

Objetivos

Realizar un levantamiento general de los suelos de la reserva ecológica Sierra de San Juan, con el fin de identificar la vocación de uso de la zona.

Hacer el levantamiento para las áreas cultivadas a nivel de semidetalle, para determinar la calidad de los terrenos para la agricultura.

Por su aptitud, clasificar los suelos de la reserva para el cultivo de caña de azúcar, con el fin de obtener un plan de desarrollo del cultivo.

Metas

Optimizar la conservación y el aprovechamiento racional de los recursos naturales tendientes a la realización de actividades económicas sustentables.

Formar una base de datos cartográfica de la reserva, como precursora para un ordenamiento del territorio.

Favorecer la formación de recursos humanos, que permitan consolidar una línea de investigación sobre planeación del uso y manejo de los suelos de la entidad.

II. ANTECEDENTES

2.1. Concepto del suelo.

El suelo es un cuerpo tridimensional continuo y coherente que cubre porciones de la superficie terrestre; desarrollado a partir de una mezcla de materiales minerales y orgánicos bajo la influencia del clima y del medio natural, como el material parental, relieve y organismos, a través del tiempo; puede ser modificado y aún, construido por el hombre, su grado de desarrollo se manifiesta en el grado de estructuración y formación de horizontes; suministra los nutrientes y el sostén que necesitan las plantas, siempre que contenga suficiente agua y aire (López, G.J., 1991).

2.2. Levantamientos edafológicos.

Los levantamientos edafológicos son la mejor manera de conocer las propiedades de los suelos y su distribución geográfica (Elbersen et al., 1974).

El levantamiento edafológico es una investigación científica que incluye las actividades necesarias para determinar las características importantes de los suelos, clasificarlos de acuerdo a un sistema natural, establecer e indicar sobre mapas las delimitaciones entre clases de suelos, y correlacionar y predecir su adaptabilidad a diversos usos, bajo sistemas de manejo diferentes (Elbersen et al., 1986).

Los levantamientos se usan en la planeación y manejo rural, específicamente en la adaptabilidad de cultivos individuales, distribución potencial y prácticas de manejo de suelos; en la planeación de la investigación agrícola y aplicación de los resultados y en la transferencia de tecnología (Ortiz et al., 1990).

Se realizan a diferentes niveles de detalle según las necesidades de conocimiento que se requiera, las características de la región, la disponibilidad de equipo y de los recursos económicos y humanos.

Según el Manual de Levantamiento de Suelos (Soil Survey Staff, 1993) hay 5 Ordenes de levantamientos: 1) muy intensivos, 2) intensivos, 3) extensivos, 4) extensivos generales y 5) muy extensivos.

En el desarrollo de la metodología para levantamientos edafológicos, el Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF) ha incorporado dos ingredientes muy importantes: la interpretación de imágenes por medio del análisis fisiográfico y la clasificación de los suelos por el Sistema Taxonómico del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Teniendo en cuenta el

medio ambiente y los propósitos del estudio, diseñaron 6 clases de levantamientos, que van desde muy detallados hasta los exploratorios y esquemáticos; a cada levantamiento se asignó un número de orden, además del nombre: primer orden, muy detallados; segundo orden, detallados; tercer orden, semidetallados; cuarto orden, generales; quinto orden, preliminar, y sexto orden, exploratorio (Elbersen et al., 1986).

El establecimiento de los seis Ordenes de levantamiento y su realización en fases o etapas permite seleccionar el nivel más adecuado para cada situación y permite ahorrar tiempo, dinero y esfuerzo, cuando por ejemplo, un levantamiento de sexto o quinto orden, nos permite descartar grandes áreas sin ningún o escaso potencial y concentrar la atención a las áreas más promisorias (Elbersen et al., 1974).

2.2.1. Unidades de mapeo de suelos.

El mapa de suelos muestra el patrón de ocurrencia y distribución geográfica de las diferentes clases de suelos; se hace dibujando los límites de áreas de tierras que aparentemente contienen un suelo similar o asociaciones de éstos (Elbersen, 1974). Los límites son interpretados de las formas del relieve, vistos en el campo o por interpretación de fotografías aéreas o imágenes de satélite (Agbu et al., 1990).

Las unidades de mapeo de suelos difieren en tamaño y forma de sus áreas, en el grado de contraste con suelos adyacentes y en sus relaciones geográficas; cuatro tipos de unidades de mapeo son usadas en levantamientos de suelos para mostrar estas relaciones: consociaciones, asociaciones, complejos y grupos indiferenciados (Soil Survey Staff, 1993).

La consociación representa una sola clase de terreno y se delimita en general en levantamientos detallados realizados en zonas homogéneas. La asociación es un grupo de unidades taxonómicas nombradas y definidas, asociadas por lo regular geográficamente. El complejo es una unidad cartográfica que consta de dos o más unidades taxonómicas reconocidas; éstas pueden ser o no similares, están íntimamente asociadas geográficamente, pero no pueden delimitarse por separado a la escala usada, inclusive en los levantamientos detallados. El término grupo indiferenciado se usa para áreas que tienen poco o nada de suelo natural; son casi inaccesibles para una investigación ordenada.

2.2.2. Leyenda de campo.

La leyenda de campo es un sistema para asegurar una buena disciplina mental durante el mapeo (Elbersen et al., 1974). Tiene un carácter preliminar y durante el mapeo se hace necesario mejorarla continuamente. Debe ser flexible para poder adaptar el mapa de suelos a todas las

variaciones que se encuentren en el campo durante el levantamiento sistemático; además, permite la identificación de los perfiles por unidad taxonómica.

La leyenda de campo debe describir las unidades de mapeo, su contenido edafológico en porcentajes; la posición relativa de sus componentes y su posición en relación con las unidades de mapeo colindantes; así como la naturaleza de los límites establecidos. Estas descripciones se mejoran y en muchos de los casos cambian durante el levantamiento sistemático.

2.2.3. Mapeo sistemático.

El mapeo consiste en hacer observaciones ordenadas según el sistema de mapeo (con o sin fotointerpretación) y el patrón de suelos (Elbersen, 1974). Las observaciones varían desde una descripción detallada de un perfil, en una calicata, hasta una descripción del paisaje.

Los datos de campo son usualmente colectados en formatos preparados o directamente usando computadoras portátiles; se describe el sitio muestreado y los diferentes horizontes del perfil, sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Agbu et al, 1990).

En cada observación se identifica la unidad taxonómica y por medio de varias observaciones se determina la unidad de mapeo y su delineación, que se transfiere o verifica en el mapa, o en la fotografía.

Hay varios sistemas para distinguir las observaciones en el campo durante el mapeo sistemático: 1) red rígida, 2) red flexible, 3) transectos y 4) mapeo libre (Elbersen et al., 1986).

El sistema en red rígida se usa únicamente en levantamientos detallados, de áreas en las cuales aún no hay buena noción de la relación entre el suelo y el paisaje.

La red flexible se utiliza especialmente cuando el patrón de los suelos es muy intrincado. Es una alternativa en la cual se especifican las densidades mínima y promedio de observaciones.

El levantamiento en transectos, se usa cuando la dirección general de los límites de suelos es ya conocida, entonces se realiza el trabajo de tal manera que se haga un número mayor de observaciones en dirección perpendicular y un número menor, en sentido paralelo a los límites de suelos.

El mapeo libre se usa en casos en que la delimitación hecha por fotointerpretación ya ha sido probada en otras zonas y es justificable el uso de las técnicas de extrapolación de la información obtenida especialmente en las áreas de muestreo o en transectos.

2.2.4. Clasificación taxonómica de los suelos.

La clasificación taxonómica es el concepto mental del hombre para facilitar la comprensión de aquellas cosas que se encuentren en número tan grande que no se podría comprender individualmente (Elbersen et al., 1974).

El objetivo de la taxonomía de suelos es hacer jerarquías de clases que ayudan al entendimiento de la relación entre suelos y los factores responsables de sus características (Soil Survey Staff, 1993).

Existen diversos sistemas de clasificación de suelos, muchos de ellos creados para países o regiones con condiciones muy particulares. En México, actualmente dos sistemas son las más conocidos: 1) La Leyenda del Mapa Mundial de Suelos (FAO-UNESCO), y 2) El Sistema de Clasificación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Soil Taxonomy).

2.2.4.1. Leyenda del Mapa Mundial de Suelos.

El sistema de clasificación FAO-UNESCO, no es estrictamente un verdadero sistema taxonómico, sino más bien, una recuperación de nombres de los principales suelos de diferentes partes del mundo, que sirve como Leyenda para el Mapa Mundial de Suelos (López, G.J., 1991).

Este sistema consta de una clase superior aproximada pero no completamente equivalente al Gran Grupo del sistema americano. La categoría más baja se compone de intervalos o suelos con horizontes o características notables; se han propuesto fases para subdividir las clases secundarias, según diferencias en cualidades importantes en la utilización. Además incluye la separación de tres clases texturales (Dudal, R., 1968).

El sistema FAO-UNESCO se conoce en México desde sus inicios (1961), a través de la Subdirección de Agrología de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH); esta dependencia en colaboración con la FAO, iniciaron los trabajos para la elaboración del Mapa Mundial de Suelos; posteriormente (1970), la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) modificó este sistema para las condiciones del País y proyectó el inventario de los suelos de México a diversas escalas 1:1'000,000, 1:250,000 y 1:50,000. Esto se logró con las primeras dos escalas y parcialmente con la última (López, G.J., 1991).

La modificación hecha por CETENAL incluyó algunas características de los suelos de México, sobre todo en lo que se refiere en los suelos derivados de cenizas volcánicas (CETENAL, 1970).

FAO-UNESCO (1989), edita una versión revisada de la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos con modificaciones importantes en cada uno de los grupos y se añadieron nuevos grupos: Leptosoles, Calcisoles, Gypsisoles, Lixisoles, Alisoles, Plintosoles y Antrosoles.

En 1994 la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo, el Centro de Información Internacional de Suelos y la FAO editaron una Base de Referencia Mundial para Recursos de Suelos, llevan a nivel de grupos mayores a los Cryosoles, Sesquisoles, Glossisoles, Stagnosoles y Umbrisoles (Spaargaren, O.C., 1994). Ver cuadro 1.

Cuadro 1. Grupos mayores del Mapa Mundial de Suelos
(Spaargaren, O.C., 1994).

CLASES	CLASES	CLASES
FLUVISOLES	PHAEOZEMS	CRYOSOLES
GLEYSOLES	LUVISOLES	SESQUISOLES
REGOSOLES	PLANOSOLES	GLOSSISOLES
LEPTOSOLES	PODZOLES	STAGNOSOLES
ARENOSOLES	LIXISOLES	UMBRISOLES
ANDOSOLES	ACRISOLES	
VERTISOLES	ALISOLES	
CAMBISOLES	NITISOLES	
CALCISOLES	FERRALSOLES	
GYPSISOLES	HISTOSOLES	
SOLONETZ	ANTROSOLES	
SOLONCHAKS		
KASTANOZEMS		
CHERNOZEMS		

2.2.4.2. Sistema americano de clasificación de suelos (Soil Taxonomy).

Este es un sistema taxonómico con una nueva nomenclatura, utiliza principalmente fuentes latinas y griegas clásicas. Las características de diferenciación escogidas son propiedades de los suelos mismos, incluyen la temperatura y la humedad del suelo, la génesis no se utiliza, excepto como guía para determinar la pertinencia y sopesar las propiedades de los suelos (Smith, 1965).

El nuevo sistema americano propone 5 unidades taxonómicas o categorías de clasificación, cuyas especificaciones se incrementan del primero al quinto: 1) Orden, 2) Suborden, 3) Gran grupo, 4) Subgrupo y 5) Familia (ver cuadro 2).

Además se puede contar con unidades taxonómicas funcionales en el levantamiento de suelos, como es el caso del Conjunto; esto es, una unidad taxonómica nueva que permite escoger niveles intermedios entre los taxones del sistema de clasificación.

Cuadro 2. Ordenes y Subordenes del sistema americano de clasificación de suelos (Soil Survey Staff, 1994).

ORDENES	SUBORDENES
ALFISOLS	Aqualfs, Boralfs, Ustalfs, Xeralfs y Udalfs.
ANDISOLS	Aquands, Cryands, Torrands, Xerands, Vitrands, Ustands y Udands.
ARIDISOLS	Cryids, Salids, Durids, Gypsids, Argids, Calcids y Cambids.
ENTISOLS	Aquents, Arents, Psamments, Fluvents y Orthents.
HISTOSOLS	Folists, Fribrists, Hemists, Saprist.
INCEPTISOLS	Aquepts, Plaggepts, Tropepts, Ochrepts y Umbrepts.
MOLLISOLS	Albolls, Aquolls, Rendolls, Xerolls, Borolls, Ustolls y Udolls.
OXISOLS	Aquox, Torrox, Ustox, Perox y Udox.
SPODOSOLS	Aquods, Cryods, Humods y Orthods.
ULTISOLS	Aquults, Humults, Udults, Ustults y Xerults.
VERTISOLS	Aquerts, Cryerts, Xererts, Torrerts, Uderts y Usterts.

2.2.5. Compilación del mapa y su informe.

La compilación del mapa consiste en transferir la información de límites de suelos de las fotografías aéreas a un mapa base, teniendo cuidado de obtener una buena precisión topográfica relativa; esto se logra mediante la restitución de la información con auxilio de un Stereoscketch.

Al final del levantamiento se describen perfiles modales de cada unidad mapeada, basándose en el rango de características establecidas.

El mapa debe tener una leyenda de identificación de suelos agrupados fisiográficamente, la leyenda de campo es un borrador de la leyenda que aparece en el mapa. Para cada unidad fisiográfica se indican las unidades de mapeo que se encuentran en ella y la caracterización

taxonómica de los suelos componentes de la unidad. Se agrega información acerca de los porcentajes y posiciones de los miembros en forma tabular, para hacer el mapa útil independientemente del informe (Elbersen et al., 1974).

Los resultados del levantamiento de suelos se presentan en un informe tomando en cuenta los diferentes grupos de usuarios del material; desde administradores y políticos, sin ningún conocimiento en edafología, hasta ingenieros agrónomos y edafólogos. Generalmente se organiza en el siguiente orden: Resumen, información general sobre el área levantada, la descripción de las unidades de mapeo, composición edafológica, uso actual y, clasificación y aptitud de las tierras.

2.3. Evaluación de tierras.

En México, DETENAL hoy Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), mediante un proyecto muy ambicioso sobre el inventario de los recursos naturales a escala 1:50,000 con soporte en fotografías aéreas blanco y negro y color a escalas 1:50,000 y 1:25,000 respectivamente, generó mapas separados de topografía, geología, edafología, uso del suelo y vegetación, y uso potencial del suelo.

En relación al mapa de uso potencial del suelo, la metodología de evaluación de las tierras usada fue el Sistema de Clasificación por Capacidad de Uso (USDA), adaptada para las condiciones del país por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL, 1970).

Durante las últimas tres décadas, se publicaron en México varios trabajos como propuestas para evaluar tierras con diferentes fines; estas propuestas incluyen la evaluación de tierras para propósitos generales y/o la evaluación para fines específicos; para diferentes cultivos y especies forrajeras y forestales (Quiñones et al., 1973; Ortiz, S.C. y H. Cuanalo de la Cerda, 1978, Hernández et al., 1985, Tigerina, L. y C. Ortiz, 1990).

Actualmente, existen diversos estudios sobre levantamientos edafológicos y evaluación de tierras con fines generales y específicos, en diferentes zonas del país (Hernández et al., 1990; López, G.J., 1991; Sandoval, L.J., 1991; Martínez, R.L. y J.J. Sandoval, 1993; García, S.C., 1983; Morán, C.F., 1993).

La evaluación para fines generales representa un método estandarizado para toda clase de tierras, a fin de poder fijar su aptitud para un uso de la tierra general; el ejemplo más conocido es el Sistema de Capacidad de Uso de los Estados Unidos.

La evaluación de tierras para fines específicos representa un método pragmático. Muchas clasificaciones de aptitud para cultivos individuales pertenecen a ello; por ejemplo el sistema Beek (1978).

2.3.1. Sistema de Clasificación por Capacidad de Uso de las Tierras.

Este es un sistema de clasificación basado en el efecto combinado del clima y las características del suelo sobre la capacidad productiva, riesgo a la erosión y requerimientos de manejo del suelo. El sistema enfatiza en la erosión del suelo y aspectos de conservación.

Versiones locales de este sistema de clasificación han sido desarrollados en diversos países, de acuerdo con sus condiciones ambientales específicas (Huizing, H., 1986).

Factores que afectan la clasificación de tierras, según su capacidad de uso.

Se consideran dos grupos de factores que afectan la clasificación de tierras, relacionados con el medio ambiente y el terreno: 1) Factores limitantes y 2) Factores auxiliares (ver cuadro 3).

Los factores limitantes sirven para definir clases específicas de terrenos y se identifican por medio de claves. Dentro de éstos se ubica el clima (deficiencia o exceso de agua), la erosión, la topografía y el suelo (profundidad efectiva, profundidad del manto freático, pedregosidad en la superficie, salinidad y sodicidad). Ver cuadro 3.

Clases de terrenos.

El sistema considera ocho clases de terrenos, a continuación se describen:

Terrenos de primera clase (1). Presentan muy pocas o ninguna limitación para su uso; además, cuando éstos existen son fáciles de corregir. Pueden utilizarse para desarrollar una amplia gama de cultivos, pastos, bosques o vida silvestre.

Terrenos de segunda clase (2). Los terrenos no presentan limitaciones acentuadas para el desarrollo de los cultivos, únicamente es necesario elegir las plantas por sembrar o bien cultivar especies que requieren prácticas de manejo fáciles de aplicar. Pueden usarse para cultivos, pastos, bosque o vida silvestre. Además, es

Terrenos de tercera clase (3). Presentan severas limitaciones que restringen el desarrollo de los posibles cultivos por establecer, o bien requieren de prácticas especiales de conservación para algunos o todos los cultivos agrícolas.

Terrenos de cuarta clase (4). Tienen limitaciones muy severas para el desarrollo de los cultivos agrícolas, por lo que su uso se restringe a sólo algunos de ellos. Cuando estos suelos se cultivan son necesarias las prácticas de conservación. Pueden usarse para un grupo reducido de cultivos, particularmente, pastos, bosques y vida silvestre.

Cuadro 3. Factores para la clasificación de tierras según su capacidad de uso (CETENAL, 1970).

GRUPO DE FACTORES	CLAVE	FACTORES	UNIDAD DE DESCRIP.
CLIMA	C I	Deficiencia de agua Inundaciones	mm cualitat.
EROSION	E	Erosión	cualitat.
TOPOGRAFIA	T1	Pendiente del terreno uniforme	%
	T2	Pendiente del terreno ondulado	%
SUELO	S1	Profundidad efectiva	cm
	S2	Prof. del manto freático	cm
	S3	Pedregosidad superficial	cualitat.
	S4	Salinidad	mmhos/cm
	S5	Sodicidad	PSI

Terrenos de quinta clase (5). Estos terrenos no tienen problemas de erosión o es muy reducido, pero presentan limitaciones que no es ni práctico, ni económico tratar de superar, por lo que es preferible su uso para pastizales, árboles o vida silvestre.

Terrenos de sexta clase (6). Presentan severas limitaciones que los hacen impropios para los cultivos, por lo que su uso se restringe a pastizales, bosque o vida silvestre. Las prácticas de conservación y manejo, de acuerdo a los factores limitantes, son indispensables para mantener el nivel de productividad del terreno. Presentan limitaciones que no es posible corregir permanentemente.

Terrenos de séptima clase (7). Estos terrenos presentan limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para los cultivos, por lo que su uso queda restringido para pastos con limitaciones, árboles y vida silvestre. En cualquiera de los casos, deben aplicarse algunas medidas de manejo; su conservación es indispensable para proteger y evitar daño a las áreas vecinas, especialmente en vasos de almacenamiento u otras obras de captación de humedad.

Terrenos de octava clase (8). Estos suelos tienen limitaciones excesivas para su uso en cultivos comerciales, desarrollo de pastizales o explotaciones forestales, por lo que su utilización debe orientarse a fines recreativos, vida silvestre, abastecimiento de agua o para fines estéticos.

Con el agrupamiento de terrenos en clases, se puede planear la mejor utilización de los recursos suelo y agua, a la vez de proyectar las obras de conservación para terrenos, de acuerdo a su uso, que permita incrementar su productividad y descartar aquéllos que por sus propias limitaciones son prácticamente improductivos.

Las primeras cuatro clases de terrenos son los que se consideran adecuados en mayor o menor grado para utilizarse en la agricultura. Las tierras de quinta a octava clases presentan severas limitaciones para este fin, por lo que se les denomina terrenos de uso limitado, aptos o con limitaciones para pastizales, bosque o vida silvestre.

2.3.3. Sistema de clasificación de tierras Beek (1978).

Este sistema de evaluación trata de identificar alternativas de uso teniendo en cuenta las distintas combinaciones de prácticas de manejo, necesidades de desarrollo y las condiciones socioeconómicas existentes; relacionando las condiciones físicas de la tierra, con los requerimientos ecológicos y edafológicos de los cultivos (Beek, K.J., 1977).

El sistema provee, según sea el nivel de intensidad de detalle del estudio y finalidad, dos modos de clasificación de la aptitud de la tierra, uno cualitativo o ecológico y otro cuantitativo o económico.

En el primero, los datos de los levantamientos de suelos son evaluados en términos de factibilidad técnica para propósitos definidos (tipos de utilización de la tierra). Este método contempla cuatro categorías en la clasificación de la tierra, estas son: orden, clase, subclase y unidad de aptitud de la tierra.

El segundo, se basa en un análisis de costos/beneficios para tipos específicos de utilización de la tierra. La diferencia fundamental, es que la primera está orientada a la realización de un estudio comparativo sistemático de las perspectivas de desarrollo de una variedad de tipos de utilización de las tierras; mientras que la segunda trata únicamente de unos cuantos tipos prometedores de utilización de tierras, los que son analizados en gran detalle en relación con su valor económico, en términos económicos y financieros.

El procedimiento para la clasificación cualitativa de la aptitud de la tierra, incluye los siguientes pasos: 1) Identificación de los tipos de utilización de la tierra, 2) Selección de las cualidades relevantes de la tierra para los tipos de utilización identificados (disponibilidad de nutrientes, de agua y de oxígeno, resistencia a la erosión, posibilidad de uso de implementos agrícolas, etc.), 3) Requerimientos de los tipos de utilización, 4) Selección de niveles de manejo, 5) Evaluación de las cualidades de la tierra en la zona de estudio, 6) Clasificación de la aptitud de la tierra (buena, regular, restringida y no apta) y 7) Especificaciones de manejo.

2.5. El cultivo de caña de azúcar.

Existen 6 especies del género *Saccharum*: *spontaneum*, *robustum*, *barberi*, *sinense* y *officinatum*, esta última llamada caña noble y es la que se cultiva comercialmente a nivel mundial (Purseglove, J.V., 1975).

La caña de azúcar es originaria de Asia; la mayor parte de la producción comercial de caña de riego y de secano se produce entre los 35° al norte y los 35° al sur del Ecuador. Esta especie florece con una estación vegetativa larga y calurosa, con una alta incidencia de radiación y humedad adecuada, seguida de un período de maduración y recolección seco, soleado y medianamente frío, pero sin heladas.

Para obtener rendimientos elevados es fundamental una estación vegetativa larga; la duración normal del período vegetativo varía entre 9 a 16 meses.

El cultivo procedente de plantación suele ir seguido de 2 a 4 cultivos de rebrote, y en ciertos casos llega hasta un máximo de 8 cultivos, tardando cada uno de ellos alrededor de un año en madurar. El crecimiento del tallo es lento al principio, aumentando gradualmente hasta alcanzar el ritmo máximo de crecimiento, después de lo cual disminuye cuando la caña comienza a sazonar y madurar.

La floración de la caña de azúcar depende de la duración del día, pero también está influida por el suministro de agua y nitrógeno. La floración tiene un efecto progresivo y negativo sobre el contenido de sacarosa, por ello se evita la floración o se utilizan variedades que no florescan.

El espaciamiento entre hileras varía normalmente entre 1.0 y 1.4 metros; el número de plantas por hectárea depende del número de yemas por planta, pudiendo variar entre 21,000 y 35,000.

2.5.1. Variedades.

Antes de la década de los años treinta en México se cultivaban exclusivamente las variedades nobles, morada, rayada y cristalina. En la década de los cuarenta las variedades POJ-2878 y Co290 cubrían aproximadamente el 90% de los campos cañeros. Después, se introdujeron nuevas variedades como la Co 331, Co213 y Co421 y otra más. Posteriormente, todas estas variedades, se les ha tratado de erradicar por sus altos contenidos de fibra, su acorchamiento o formación de médula y floración. Las nuevas variedades introducidas, cada vez, cumplen mejor las exigencias tanto de campo como de fábrica para aumentar la producción de azúcar por hectárea (García, A., 1975).

En la región que comprende la reserva ecológica Sierra de San Juan, se cultivan en mayor escala, las siguientes variedades:

Mex 54-81. Sus progenitores son: POJ 2878 y Co 290, variedad "alhuatosa" de maduración media, de tallos color morado, corteza dura, tolerante al acame, roya y mancha de ojo, susceptible al quiebre de los tallos, al carbón y al ataque del barrenador.

Mex 57-473. Sus progenitores son: CB 40-77 y CP 43-47, variedad de maduración media con tallos de color verde amarillento, cerosos con tintes morados, corteza suave, yemas ovadas, de escasos alhuates, tolerante al acame y al quiebre de los tallos, resistente al carbón de la espiga y tolera el ataque del barrenador.

L 60-14. Sus progenitores son: CP 52-1 y 48-103, variedad de maduración temprana con tallos de color verde amarillento, corteza de dureza media, yemas de forma triangular, de escasos alhuates, es susceptible al acame y al quiebre de los tallos, resistente a la roya, mosaico, mancha de ojo, al ataque del barrenador y altamente susceptible al carbón de la espiga.

2.5.2. Requerimientos del cultivo.

Los requerimientos de la caña de azúcar los podemos agrupar en ambientales y de manejo. Dentro de los ambientales se consideran los climáticos, topográficos y edáficos.

CLIMATICOS

El clima ideal para la caña de azúcar es un verano largo y caliente con lluvia adecuada durante el crecimiento, un clima seco soleado y frío, pero sin heladas en la maduración y cosecha y, ausencia de huracanes y vientos fuertes.

Necesidades de calor. La temperatura óptima para el brote (germinación) de las estaquillas de tallo es de 32 a 38°C. El crecimiento óptimo se logra con temperaturas media diurnas entre 22 y 30°C. La temperatura mínima para el crecimiento vigoroso es aproximadamente de 20°C. Sin embargo, para la maduración son convenientes temperaturas relativamente bajas, del orden de 20 a 10°C, ya que esto tiene una influencia notoria en la reducción del ritmo de crecimiento vegetativo y el enriquecimiento de la sacarosa de la caña (FAO, 1979).

García (1975), indica algunos rangos de temperatura que requiere la caña de azúcar de acuerdo a su etapa de desarrollo, así tenemos: rango de germinación óptima (32-38°C), temperatura óptima para su desarrollo y absorción de nutrientes (27°C), rango normal para su desarrollo (21-38°C), rango en que retarda su desarrollo (10-21°C), temperatura en que paraliza sus funciones (10°C) y temperatura en que la caña se daña (2°C).

Necesidades de agua. Es importante contar con una humedad adecuada durante todo el período vegetativo para obtener rendimientos máximos, porque el crecimiento vegetativo, incluyendo el crecimiento de la caña, es directamente proporcional al agua transpirada. Dependiendo del clima las necesidades de agua de la caña de azúcar son de 1,500 a 2,500 milímetros distribuidos de manera uniforme durante la temporada de desarrollo (FAO, 1979). La cantidad de agua que la caña requiere, depende de la variedad que se cultive, así tenemos: la L-60-14 se adapta bien en condiciones de riego o temporal con precipitaciones anuales que oscilan entre los 1,500 y 1,800 mm; la Mex 57-473, prospera bajo condiciones de riego o temporal con precipitación entre los 1,200 y 1,800 mm; y la Mex 54-81 se adapta a temporales con 800 a 1,200 mm de precipitación anual (García, A., 1975).

TOPOGRAFICOS

El índice de topografía en una región determinada, refleja las posibilidades de su explotación y el costo de producción de la tierra. Se consideran los aspectos altitud, grado de pendiente, relieve, entre los más importantes (García, A., 1975).

Altitud. Las variedades logran los máximos rendimientos en un determinado rango de altitud. La Mex 54-81 es de 900 a 1,200 metros sobre el nivel del mar, la variedad Mex 57-473 de 0 a 1,300 y la L 60-14, de 0 a 1,600.

Grado de pendiente. Se consideran rangos de 0-6, 6-12, 12-20 y más de 20 grados de pendiente, para clasificar de primera, segunda, tercera y cuarta clase respectivamente las tierras. Para producción cañera se sugieren 1a y 2a clase, es decir de 0 a 12 grados.

Relieve. Los terrenos de superficie irregular no son recomendables, dado que aumentan los costos de producción; por otra parte, provocan el arrastre del suelo superficial, dándole poca estabilidad al cultivo, sobre todo cuando no se siguen prácticas de conservación y manejo de suelos.

EDAFICOS

La caña de azúcar no necesita un tipo especial de suelo. Los mejores son los que tienen más de un metro de profundidad, el suelo debe de estar perfectamente bien aireado (después de una lluvia el espacio de poros llenos de aire, mayor de 10 a 12%) y tener un contenido de agua disponible de 15% o más. Cuando existe una capa freática debe de estar a una profundidad mayor de 2 metros de la superficie (FAO, 1979).

El 85% de las raíces de la caña de azúcar se encuentran en los primeros 60 cm de profundidad, y del 8 al 9% de los pelos radiculares en los primeros 30 cm (García, A., 1975). De ahí que los requerimientos edáficos más importantes a considerar son: profundidad, textura, drenaje, pH y nivel de fertilidad.

Profundidad. Los suelos con menos de 30 cm de profundidad, se consideran no aptos para el cultivo de la caña; entre 30 y 60 cm, suelos cañeros de segunda clase; entre 60 y 90 cm, medianamente aptos y; aquellos con más de 90 cm, suelos cañeros de primera clase.

Textura. Los cultivares de caña de la región indican requerimientos de textura del suelo: francos, franco-arcillosos, arcillosos y arcillo-arenosos (García, A., 1975).

Drenaje. Un drenaje normal en suelos para este cultivo se considera cuando el agua de lluvia se infiltra con facilidad y el manto freático está a más de 4 m de profundidad y, que no sea inundable.

Reacción del suelo (pH). El límite para el desarrollo normal de la caña de azúcar es entre 6.0 y 8.0; con los mejores resultados alrededor de la neutralidad práctica, de 6.5 a 7.5; es decir, de ligeramente ácido a ligeramente alcalino (García, 1975).

El pH óptimo del suelo para caña de azúcar es próximo a 6.5, pero la caña se desarrolla en suelos con pH de 5 a 8.5 (FAO, 1979).

Salinidad. Esta planta es moderadamente sensible a la salinidad. La disminución en el rendimiento del cultivo debida a la salinidad creciente es el siguiente: 0 % para conductividad eléctrica de 1.7 mmhos/cm, 10% para 3.3, 25% para 6.0, 50% para 10.4 y 100% para 18.6 mmhos/cm.

Nivel de fertilidad. La caña de azúcar tiene necesidades elevadas de nitrógeno, potasio y relativamente de fósforo, esto es, alrededor de 100 a 200 Kg/Ha de nitrógeno, de 20 a 90 Kg/Ha de fósforo y de 125 a 160 de potasio, para un rendimiento de 100 toneladas métricas de caña por hectárea (FAO, 1979).

En la madurez, el contenido de nitrógeno en el suelo debe de ser lo más reducido posible para una buena recuperación del azúcar, especialmente cuando el período de maduración es húmedo y cálido (FAO, 1979).

2.5.3. Nivel de rendimientos.

El rendimiento en azúcar depende del tonelaje de caña, del contenido de la caña en azúcar y de la calidad de la caña. El tonelaje de caña en la recolección puede variar entre 50 y 150 toneladas por hectárea o más, lo que depende especialmente de la duración del periodo vegetativo total y de que se trate de un cultivo procedente de planta o de rebrote.

Los rendimientos de caña producidos en condiciones de secano puede variar mucho. En zonas tropicales húmedas de un cultivo totalmente de secano pueden ser del orden de 70 a 100 ton/ha

de caña, y en los trópicos y subtropicos secos con riego, de 110 a 150 ton/ha de caña (FAO, 1979).

En la zona en estudio, varían de 60 a 100 ton/ha en la Sierra y de 80 a 110 ton/ha en el Valle Matatipac (Bojórquez, S.I., 1992).

II. DESCRIPCION DE LA ZONA EN ESTUDIO

3.1. Localización.

La reserva se ubica dentro de la provincia fisiográfica Cinturón Volcánico Mexicano, en la subprovincia Cinturón Volcánico Occidental (también conocida como Graben Tepic-Chapala). Esta última, se compone de cuatro regiones, una de las cuales, la región volcanes de Nayarit, incluye la Sierra de San Juan (Blanco, C.M., 1990). Comprende una superficie de 26,231 hectáreas y alcanza una altitud máxima de 2,240 metros sobre el nivel del mar (Figura 1).

El área decretada reserva ecológica por el gobierno del Estado de Nayarit, incluye desde la cota de los 980 metros sobre el nivel del mar; geográficamente se ubica entre las coordenadas 21°20' y 21°32' de Latitud Norte y los meridianos 104°53' y 105°03' de Longitud Oeste; en los municipios de Tepic y Xalisco en el estado de Nayarit (Figura 2).

Limita al norte, con los ejidos La Yerba, Lo de García, El Trapichillo, Venustiano Carranza y El Aguacate; al sur, Adolfo López Mateos, Cofradía de Chicolón y Malinal; al este, con las ciudades de Tepic y Xalisco y con los ejidos Los Fresnos, Molino Menchaca, Testerozo, Aquiles Serdán y Emiliano Zapata; y al oeste, los ejidos El Tepozal, Cuarenteño, Jalcocotán, La Yerba y la comunidad San Juan Bautista.

3.2. Clima.

Nayarit se sitúa en la zona de dominio de los vientos alisios, sin embargo, dada su localización al pie de la sierras que recorren el país en toda su longitud, estos vientos no son los dominantes, que de ser así, el Estado sería un desierto. En contraste, la mayor precipitación de la vertiente del Pacífico se encuentra en Nayarit, con dos épocas de humedad marcadas; ésto se debe a los siguientes factores:

Durante la época húmeda del año, de junio a octubre, predomina una especie de monzón (la cual es una corriente que sopla de los mares al continente e introduce humedad (García y Trejo, 1990); la segunda causa en importancia en el aporte de humedad, en esta época, son los

ciclones tropicales, algunos de éstos, tocan las costas de Nayarit y ocasionan lluvias torrenciales y vientos huracanados (García, E. y R. Trejo, 1990).

En la época seca, de noviembre a mayo, los eventos que introducen humedad al Estado en orden de importancia son: la corriente de chorro, los vientos del Oeste, los vórtices fríos o "cabañuelas" y los Nortes; aunque éstos no afectan substancialmente la cantidad de precipitación (García, E. y R. Trejo, 1990).

De acuerdo con la UNAM y CETENAL (1970), los tipos de climas presentes en la zona en estudio son el cálido y semicálido, con temperatura media anual entre 20 y 24 C; el mes más frío es enero y los más cálidos de junio a septiembre. La precipitación varía entre 1,100 y 1,700 mm anuales, se concentra en los meses de junio a octubre (90%), la mayor precipitación se da en la vertiente occidental de la Sierra, dada la influencia de la humedad que proviene del mar.

Dentro de la reserva no existen estaciones climatológicas; sin embargo, se muestran los datos climáticos de las estaciones que rodean a esta Sierra (Cuadro 4).

3.3. Geología.

López Ramos (1991), en el mapa geológico del Estado de Nayarit, reporta para la zona en estudio basaltos, materiales ígneos extrusivos y tobas. Gastil, G. y Kruppenacher (1975), reportan la presencia de andesitas, pumicitas y basaltos. DETENAL (1974 a), indica basaltos, andesitas, riolitas y tobas.

Los materiales sobre los cuales se desarrolló el Volcán San Juan, Gastil y Kruppenacher (1975), los describen como basaltos del Mioceno al Cuaternario, y les asignan edades entre 8 y 20 millones de años.

Demant (1979), en su trabajo sobre la vulcanología y petrografía del sector occidental del Eje Neovolcánico, describe a grandes rasgos la génesis del Volcán de San Juan.

"El volcán San Juan, ubicado al suroeste de Tepic, es el más reciente de una serie de edificios andesíticos y dacíticos (Cerro Alto y Cerro Coatepec) que constituyen el límite occidental de las llanuras de Tepic. Su historia eruptiva puede resumirse de la manera siguiente: primero, se forma un domo dacítico del cual partieron derrames gruesos que se extendieron hasta 5 km, siendo después parcialmente destruido por explosiones violentas, cuyos productos pueden observarse en las canteras abiertas al pie del mismo, al oeste del poblado de Jalisco. En la base de los cortes aparece una brecha volcánica de color gris, constituida por numerosos fragmentos de dacita, de la misma facies que la lava que constituye la primera fase, así como por elementos más pumíticos, dispersos en un conjunto de cenizas grises. Este material representa brechas de explosión e indica que el

conducto estaba tapado por el domo de lava y éste quedó parcialmente destruido en su parte oriental, según se puede observar actualmente.

Una vez que el conducto quedó abierto nuevamente, se desarrollaron erupciones de tipo pliniano, que emitieron un gran volumen de material pumítico. Estos depósitos de pómez alcanzan en la base oriental del San Juan más de 15 m de espesor; hacia al norte se observan hasta Tepic, aunque también cubren el flanco occidental. La presencia de paleosuelos subraya la existencia de varias fases eruptivas.

Al final de este ciclo y debido al ascenso de magma pobre en gas, en el cráter se formó un pequeño domo dacítico y un derrame de 1 km de longitud.

Finalmente un pequeño volcán se constituyó en el límite septentrional del cráter de explosión del volcán San Juan de donde partieron varios derrames andesíticos con extensiones de más de 5 km, cubriendo parcialmente las pómez de la región meridional de Tepic".

Luhur (1978), detalla la composición y textura de las erupciones de pumita del volcán San Juan, como sigue: El producto de la primera erupción fue un grano fino de pumita riodacítica con 70% de SiO_2 ; con el tiempo los fragmentos de pumita incrementaron de tamaño substancialmente, pero el SiO_2 decreció a 68%; la fase final fue una erupción de pumita andesítica con 59% de SiO_2 . Este mismo autor menciona que al observar los vidrios pumáceos al microscopio electrónico reflejan variaciones significativas en el estilo de vesiculación a través de la secuencia eruptiva; y contienen en todos los niveles del depósito plagioclasas, ortopiroxenos, hornblenda y Oxidos de hierro-titanio.

Por otro lado, Jerges (1991), define con el nombre de pumicita a un grupo de vidrios volcánicos, caracterizados por su extrema estructura celular, en fragmentos que varían en tamaño de ceniza (0.025 mm) a lapilli (32 mm). A los fragmentos mayores del último les da el nombre de pómez. Bajo este criterio se usarán estos términos en la tesis. También, los términos de pómez y pumita se manejarán con el mismo significado.

Figura 1. Localización de la reserva ecológica Sierra de San Juan. Se marca con un rectángulo en la parte occidental de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico.

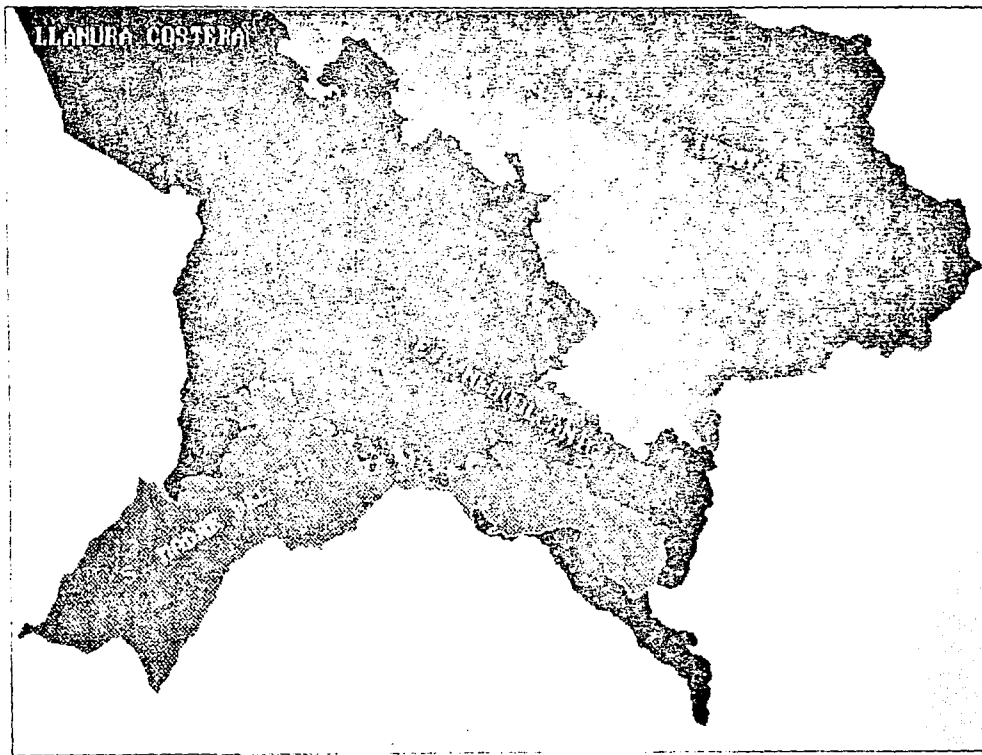
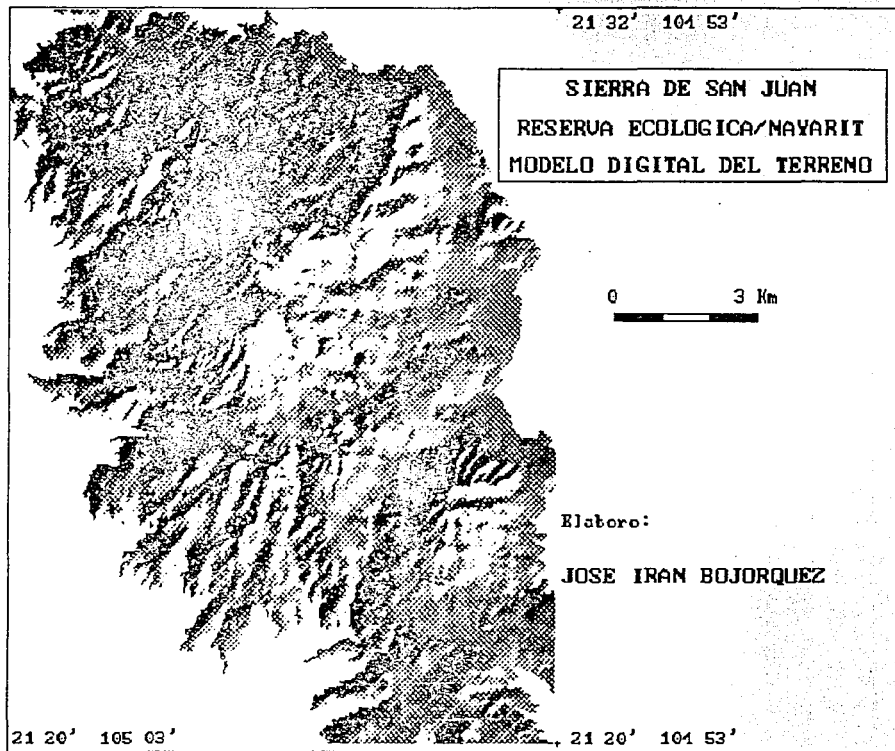


Figura 2. Modelo Digital del Terreno de la reserva ecológica Sierra de San Juan.



3.4. Hidrología.

La reserva ecológica Sierra de San Juan está ubicada entre la región hidrológica Huicicila-San Blas y la región Chapala-Santiago (Blanco, C. M., 1990). Ver figura 3.

La región hidrológica Huicicila-San Blas se caracteriza por un conjunto de corrientes que drenan directamente al mar, tal es el caso de los ríos Huicicila, Ixtapan, El Naranjo, El Palillo, Navarrete y El Ciruelo. De la región hidrológica Chapala-Santiago, sólo se encuentra dentro de la reserva una porción de la cuenca del río Mololoa.

La zona en estudio es cabecera de 7 subcuencas, los ríos son: Mololoa, Huicicila, Ixtapan, El Ciruelo, El Naranjo, Navarrete y El Palillo (Cuadro 5 y figura 4).

La importancia hidrológica de la zona decretada reserva, radica en el aporte de agua a los mantos acuíferos y corrientes superficiales, que en la porción media y baja de las subcuencas tienen diferentes usos. En el caso de los ríos Huicicila e Ixtapan, contribuyen con el agua para las plantaciones de tabaco y hortalizas del Valle Zacualpan-Ixtapan; los ríos El Naranjo y El Palillo, en el aporte de humedad para importantes plantaciones de café, plátano y mango, en el Cuarenteño, Jalcocotán, Mecatán, El Llano y la Libertad; los ríos Navarrete y Jumatán, en la agricultura de plantaciones y cultivos de temporal, y contribuyen con la recarga de la Llanura deltaica izquierda del río Santiago, importante en la agricultura de riego y cultivos de humedad residual (arroz, hortalizas y frijol).

Finalmente, el río Mololoa tiene gran influencia en la recarga del acuífero que abastece de agua a las ciudades de Tepic y Xalisco, a los proyectos de riego del Valle Matatipac, y a importantes superficies cultivadas con caña de azúcar de secano.

3.5. Suelos.

La cartografía de DETENAL (1974 d) a escala 1:50,000 indica la presencia de 13 unidades de suelos en Nayarit, de las cuales 6 encontramos en la reserva: Andosoles húmicos y mólicos (10,317 hectáreas), Regosoles eútricos (5,991 ha), Luvisoles crómicos y órticos (4,953 ha), Cambisoles dísticos, crómicos y húmicos (2,867 ha), Acrisoles órticos y húmicos (1,540 ha) y Feozem háplico (309 ha).

La mayoría de los suelos de la reserva corresponden al grupo de los Andosoles, ya que existe una clara dominancia de materiales pumáceos a partir de los cuales se han desarrollado los suelos de esta región. El intemperismo de estos materiales volcánicos origina propiedades ándicas y por lo tanto, se ve reflejado en una baja densidad aparente y una alta retención de humedad (Bojórquez, S.I. y J. López, 1993).

Cuadro 4. Datos climáticos de la estaciones más cercanas a la reserva ecológica Sierra de San Juan (Comisión Nacional del Agua, Delegación Nayarit).

ESTACION/CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEPIC (42 años)													
Temperatura media (°C)	16.6	16.8	17.7	19.6	21.6	23.4	23.4	23.4	23.3	21.1	19.3	17.6	20.4
Temp. máxima promedio	29.2	30.0	31.6	32.8	33.0	33.2	32.0	31.6	31.7	31.5	30.9	30.0	30.8
Temp. mínima promedio	4.2	3.7	4.3	6.3	8.2	12.7	15.9	16.2	15.7	11.0	7.0	5.4	9.2
Precip. media (mm)	27.3	9.7	6.6	2.5	8.5	167.1	373.5	290.0	270.5	64.7	14.0	25.9	1210.3
Precip. máxima promedio	181.2	76.4	177.1	62.8	81.1	364.2	534.8	487.8	381.0	189.9	140.8	138.5	1587.4
Precip. mínima promedio	0	0	0	0	0	0	168.7	132.3	22.9	0	0	0	713.3
Lluvia máx. en 24 hrs.	16.6	6.5	3.9	3.2	5.1	53.2	67.0	53.7	45.7	28.0	8.5	14.2	25.7
Evapot. potencial (mm)*	46.4	44.4	57.8	73.0	96.6	112.4	118.7	114.6	104.3	90.0	61.8	51.4	971.7
EL REFILION (15 años)													
Temperatura media (°C)	17.9	17.8	18.7	19.8	21.5	24.1	24.1	24.5	24.4	23.0	20.3	18.9	21.3
Precip. media (mm)	26.9	14.0	1.4	.6	8.9	158.5	336.8	309.3	257.8	69.4	21.5	27.3	1232.8
JALCOCOTAN (11 años)													
Temperatura media (°C)	19.5	19.6	20.4	21.9	23.4	25.8	25.7	25.5	25.6	25.3	22.6	20.8	22.8
Precip. media (mm)	26.6	12.3	5.6	2.5	.2	190.4	363.3	437.1	520.8	133.2	23.4	33.4	1748.8
Evapot. potencial (mm)*	55.4	53.8	68.7	84.9	109.4	140.1	143.6	135.7	126.0	119.7	81.0	66.1	1184.9
JUMATAN (26 años)													
Temperatura media (°C)	21.1	21.2	22.2	23.9	25.7	26.8	26.3	26.2	26.1	25.4	23.6	21.9	24.2
Precip. media (mm)	21.4	10.4	8.4	2.5	7.1	174.9	134.8	405.5	366.8	106.5	18.2	36.5	1198.9
XALISCO (6 años)													
Temperatura media (°C)	19.0	20.3	20.7	22.5	23.5	24.4	23.5	24.5	24.3	23.4	21.2	19.9	22.3
Precip. media (mm)	41.2	0.0	1.4	2.7	11.2	241.9	307.1	303.3	249.6	76.8	14.4	3.3	1253.0

* Método de Thorntwaite

Cuadro 5. Subcuencas hidrológicas de la reserva ecológica Sierra de San Juan.*

SUBCUENCAS	SUPERFICIE EN LA RESERVA (Ha)**	EXTENSION (%)
RIO MOLOLOA	8,053	30.68
RIO HUICICILA	6,885	26.24
RIO IXTAPAN	4,005	15.27
RIO EL CIRUELO	2,640	10.06
RIO EL NARANJO	2,557	9.75
RIO NAVARRETE	1,735	6.61
RIO EL PALILLO	365	1.39
TOTAL	26,242	100.00

* Límites trazados sobre la carta topográfica (DETENAL, 1974 a).

** Superficie digitizada

La actual definición de Andosoles se basa principalmente en la presencia de Al y Fe en alofano, imogolita, ferrihidrita y complejos Al-humus. Deben tener también baja densidad aparente o cantidades suficientes de vidrios volcánicos. Estas propiedades deben presentarse a través de un espesor de 35 cm dentro de una profundidad de 60 cm de la superficie (Parfitt, R.L. y B. Clayden, 1991).

3.6. Uso del suelo y vegetación.

DETENAL (1974 c), reporta para la zona bosque de pino, bosque de encino, bosque mixto de pino y encino, selva mediana, selva baja, pastizal y agricultura de temporal.

Los tipos de vegetación identificados en la zona son el bosque de pino, bosque de encino, bosques mixtos de pino y encino, bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria; además, se cultivan bajo condiciones de temporal alrededor de 8,000 ha; las principales especies son: caña de azúcar (4,700 ha), café (2,211 ha), aguacate (745 ha) y 344 ha de cultivos anuales como maíz, frijol y jitomate principalmente (Aguilar *et al.*, 1990).

González (1993), registra para la reserva ecológica Sierra de San Juan 403 especies de 91 familias y 245 géneros. Las Angiospermas están representadas por 84 familias, 219 géneros y

343 especies; las Pteridophytas por 5 familias, 25 géneros y 50 especies y las Gymnospermas por 2 familias, 2 géneros y 3 especies, todas ellas distribuidas en el bosque de Pinus, bosque de Quercus, bosque mesófilo de montaña y el pastizal inducido.

El tipo de vegetación más diverso encontrado es el bosque mesófilo de montaña, las especies arbóreas más importantes son: Magnolia schiedeana, Cornus disciflora, Carpinus caroliniana, Ilex brandegeana, Simplocos prionophylla, Turpinia occidentalis, Dendropanax arboreus, Oreopanax xalapensis, Styrax argenteus, Ternstroemia maltbyi, Clethra rosei, Saurauia serrata.

Los estratos arbustivo y herbáceo son pobres; sin embargo, en las zonas donde existen huecos abiertos, o en el ecotono con los bosques de Quercus o Pinus, este estrato es muy diverso, encontrando Hedyosmum mexicanum, Lopezia lopezioides, Mimosa syciocarpa, Coriaria ruscifolia, Amicia zygozomeris. Algunas herbáceas importantes de estas asociaciones son Senecio albonervius, Salvia mexicana, Melampodium tepicense, Begonia gracilis. Las trepadoras no son muy comunes; entre ellas están, Rhynchosia elisae, Phaseolus jaliscanus y Dioscorea ulinei. Entre las epifitas ubica a Malaxis fastigiata y Peperomia molitrix. Existe un importante número de helechos, entre ellos encontramos Woodsia mollis, Polypodium subpetiolatum, Adiantum andicola y el característico helecho de zonas perturbadas Pteridium aquilinum.

Las principales especies del bosque de encino son Quercus scytophylla, Q. obtusata, Q. castanea y Q. candicans. Son pocos los elementos arbustivos, entre los que destaca Tephrosia submontana, T. crassifolia, Ceanothus caeruleus, y un estrato herbáceo diverso compuesto principalmente por leguminosas, compuestas, gramíneas, así como otras familias, Borreria suaveolens, Manihot angustiloba, Chamaecrista punctulata, entre los helechos comunes están, Adiantum brawnii, Campiloneurum angustifolium, Nephrolepis occidentalis y Pleopeltis macrocarpa.

En los bosques de pino, encontró dominando básicamente Pinus oocarpa y P. michoacana f. nayaritensis, existe además un estrato arbustivo pobre con Mimosa syciocarpa, Guardiola mexicana, G. carinata, Solanum torvum, Cirsium anartiolepis, y uno herbáceo un poco más diverso con Eryngium sp., Marina nutans, Phyllanthus carolinianus, Viola hookeriana, Desmodium michoacanum, Lotus repens, Heterotheca inuloides var. rosei, y Rhynchosia elisae, las epifitas son escasas, se encuentran una o dos especies de Tillandsia, escasas orquídeas y helechos.

Entre las especies más comunes de las áreas con vegetación secundaria se encuentran, Cecropia obtusifolia, Trema micrantha, Guazuma ulmifolia, Psidium quajava, Mimosa pigra, Asclepias curassavica, Bocconia arborea y Rauwolfia heterophylla, la gran mayoría de estas especies florecen y fructifican a lo largo de todo el año. González (1993) encontró 6 familias como las más comunes; todas ellas, representan el 46% del total de los géneros y 54.06% del total de las especies de la reserva.

Figura 3. Ubicación hidrológica de la reserva ecológica Sierra de San Juan. El área con achurado fino corresponde a la zona en estudio y el achurado más amplio corresponde a su área de influencia.

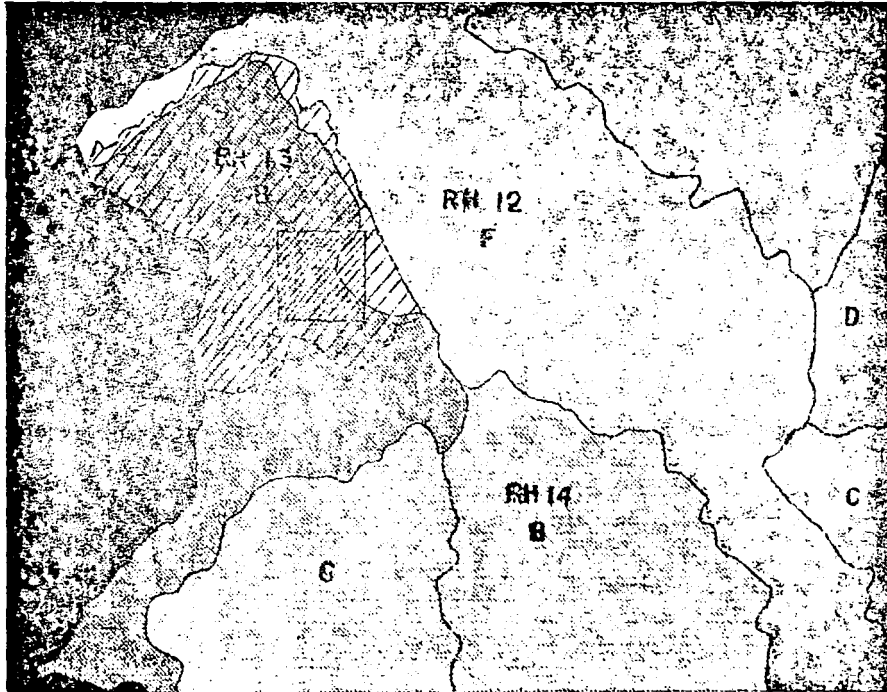
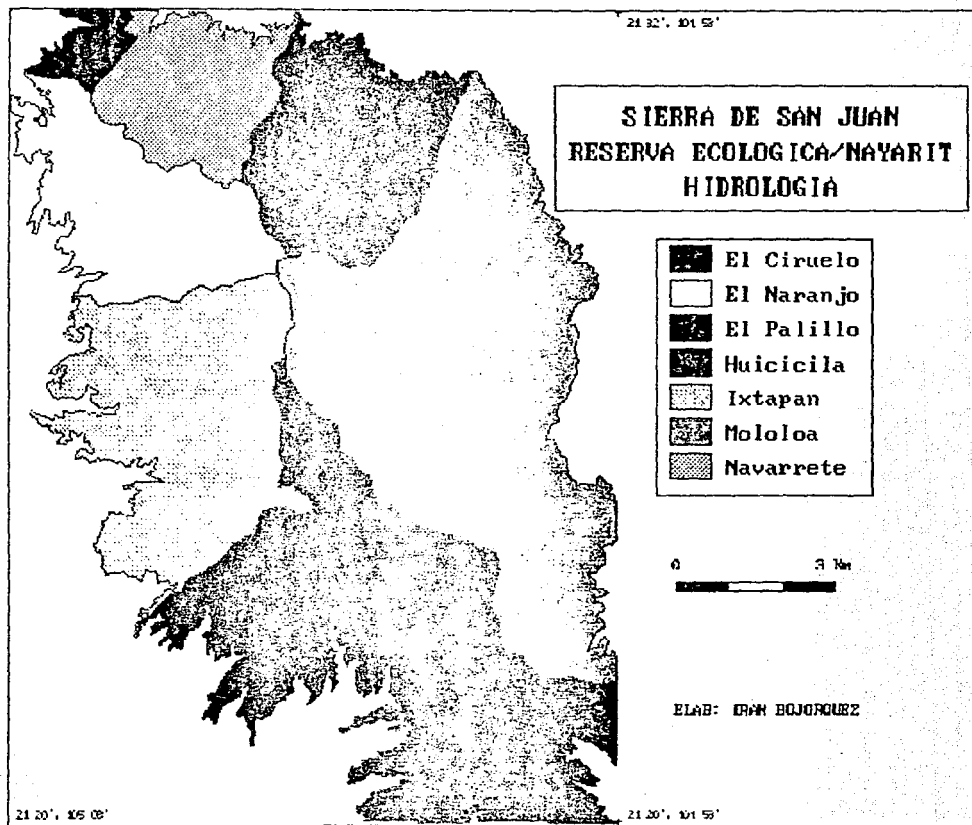


Figura 4. Subcuencas de la reserva ecológica Sierra de San Juan. Límites trazados en la carta topográfica (DETENAL, 1974 a).



Por otra parte, Blanco (1994), publica en su tesis de licenciatura sobre la vegetación de la Sierra de San Juan, unidades de mapeo como categorías provisionales; reconoce 7 unidades de vegetación natural y 3 de uso del suelo. Los tipos de vegetación son: bosque tropical subcaducifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de Quercus, bosque de coníferas y Quercus, bosque de coníferas, bosque tropical caducifolio y matorral secundario. Los tres usos del suelo: pastizal inducido, agricultura de temporal y permanente y zonas urbanas.

Cuadro 6. Familias mejor representadas en cuanto al número de géneros y especies (González, F.R., 1993).

Familias	Géneros	%	Especies	%
1. Leguminosae	31	12.65	67	16.62
2. Orchidaceae	24	9.79	49	12.15
3. Polypodiaceae	22	8.97	41	10.17
4. Compositae	26	10.61	36	8.93
5. Fagaceae	1	0.40	14	3.47
6. Gramineae	10	4.08	11	2.72

Jiménez y Bojórquez (1991), realizaron un diagnóstico pecuario en algunas comunidades de la zona en estudio, censaron unas 500 cabezas de ganado cebú y 21 de equinos. Afirman que esta actividad está muy limitada respecto hasta antes del reparto agrario, así como más diversificada por el número de campesinos dedicados a ella. Señalan la falta de agostaderos y la escasez de agua en la zona, como las principales limitantes de esta actividad.

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), hoy SEDESOL, reporta la presencia de 10 minas a cielo abierto, en las que se extrae arena, grava, piedra y jal (pómez); para 1986 la misma dependencia estimó un volumen extraído de alrededor de 17,700 m³ de materiales (Rea, R., 1991).

3.7. Aspectos socioeconómicos.

3.7.1. Demografía.

De acuerdo con el Censo del INEGI (1990) y la cartografía de DETENAL (1974 a), la reserva colinda con la ciudad de Tepic y tiene inmersas 16 comunidades. En los años de los ochentas, el

número de viviendas creció en un 62%, de 2,680 en 1980, pasó a 4,316 en 1990; mientras que el número de habitantes creció en un 71%, de 15,267 aumentó a 21,800.

La densidad de población es de 58.9 habitantes por kilómetro cuadrado (hab/km²) y la tasa de crecimiento entre 1960 y 1980 es 4.0%; mientras que, el Estado de Nayarit, registra una densidad de 26.3 hab/km² y un crecimiento de 3.2% (Hernández, L., 1991).

Cuadro 7. Viviendas y población total de las comunidades de la reserva ecológica Sierra de San Juan. (Tomado de INEGI, 1980 e INEGI, 1990)

COMUNIDAD	VIVIENDAS		HABITANTES	
	1980	1990	1980	1990
Xalisco	1,753	2,979	9,731	14,898
Testerazo	243	338	1,382	1,716
Emiliano Zapata	180	263	1,017	1,444
Aquiles Serdán	123	188	763	866
Adolfo López Mateos	29	39	233	223
Cofradía de Chicolón	68	89	411	528
El Carrizal	21	26	152	138
Mesa del Potrero	3	s/inf	13	s/inf
El Tacote	2	s/inf	7	s/inf
El Italiano	2	5	14	29
El Cuarenteño	61	94	373	578
El Aguacate	59	102	329	494
El Izote	41	51	244	155
La Libertad	4	4	15	17
Platanitos	42	62	248	319
Venustiano Carranza	51	76	335	395
Total	2,680	4,316	15,267	21,800

3.7.2. Actividades económicas.

El 34.3% de la población económicamente activa de la zona se ubica en el sector primario, sólo el 12% en la industria y el 24.8% en los servicios.

Dentro del sector primario, las principales actividades son: agricultura, ganadería, explotación forestal y extracción de materiales para la construcción. En el sector secundario, pequeñas agroindustrias y en el terciario, la administración pública, educación y servicios en general, concentrados estos dos últimos en la ciudad de Xalisco.

La tasa de dependencia de la zona para el año de 1980 es de 3.45 personas por cada persona económicamente activa (Hernández, L., 1991).

3.7.3. Infraestructura económica.

La infraestructura con la que cuenta la zona consiste básicamente en vías de comunicación, líneas de electricidad y dos bases de antenas receptoras y emisoras de señales de radio y televisión.

Todas las comunidades cuentan con luz eléctrica. La forma de acceso a la reserva es por un par de carreteras desde la ciudad de Tepic; al norte, la carretera Tepic-Miramar; al oriente, la carretera federal Tepic-Puerto Vallarta.

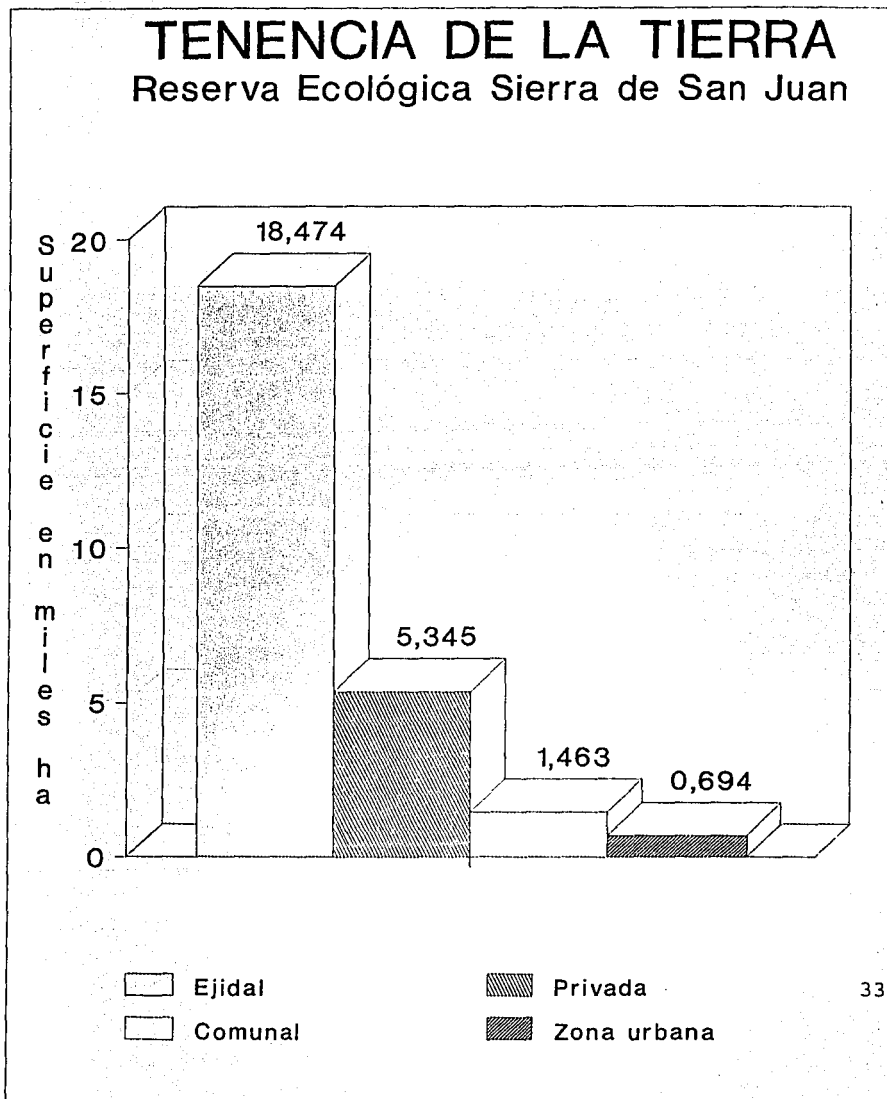
Por otra parte, cuenta con 3 importantes caminos de terracería y el camino pavimentado a Adolfo López Mateos. Los caminos de terracería El Izote-Cuarenteño, Xalisco-Malinal y Emiliano Zapata-Cofradía de Chocolón, permiten a las comunidades comunicarse con las ciudades de Tepic y Xalisco. Además, existen gran cantidad de caminos y brechas para la extracción de madera, productos agrícolas y materiales para la construcción.

3.7.4. Tenencia de la tierra.

La reserva ecológica Sierra de San Juan es propiedad de 18 ejidos, 61 pequeños propietarios y una comunidad indígena; también forman parte de ella, los centros urbanos de Tepic y Xalisco (Bojórquez, S.I. y M. Blanco, 1991).

Por superficie, predomina la propiedad ejidal con 71.12% del total de la zona, le sigue la propiedad privada con 20.58%, la propiedad comunal representa el 5.63% y el área urbana el 2.67% del total de la reserva (Figura 5).

Figura 5. Distribución de la tenencia de la tierra en la reserva ecológica Sierra de San Juan.
(Tomado de Bojórquez, S.J. y M. Blanco, 1991).



IV. MATERIALES Y METODOS

Se siguió la metodología para levantamientos edafológicos propuesta por el Centro Interamericano de Fotointerpretación (Elbersen et al., 1986), el trabajo se dividió en tres partes: a) el levantamiento de suelos, b) la digitización y análisis de mapas y c) la interpretación del levantamiento de suelos.

4.1. Levantamiento de suelos. Para la elaboración del mapa de suelos de la zona de estudio, el trabajo se dividió en cuatro fases:

4.1.1. Fase preparatoria. Este apartado consistió en recopilar e interpretar el material bibliográfico de la zona, elaborar y preparar la cartografía necesaria para el levantamiento, fotointerpretar las unidades fisiográficas y de uso del suelo, la elaboración de la leyenda fisiográfica preliminar y la selección de los sitios de muestreo.

4.1.1.1. Especificaciones.

a) Se dispuso de fotografías aéreas blanco y negro, a escalas 1:20,000 (vuelo de la SARH de diciembre de 1986), y 1:50,000 (vuelo de DETENAL del año 1971). También, de la imagen de satélite Landsat TM de abril 15 de 1992.

b) Se utilizó material topográfico a escala 1:50,000, y se amplificó a escala 1:20,000 para el levantamiento de tercer orden.

c) Se aprovechó la red de caminos para realizar el muestreo libre y mapeo sistemático de la zona.

Clase de levantamientos	Tercer y cuarto orden
Nivel de generalización fisiográfica	Paisajes y subpaisajes
Nivel de generalización taxonómica	Conjuntos a nivel de gran grupos
Unidades de mapeo	Asociaciones y consociaciones
Método de mapeo	Levantamiento libre, alternado con fotointerpretación

Estructura de la leyenda	Fisiográfica-edafológica
Densidad de observaciones	Promedio para toda la zona 0.9/km ² , 1.5/km ² para el levantamiento de 3er orden.
Escala de trabajo	1:50,000 para el lev. de 4o orden 1:20,000 para el lev. de 3er orden

4.1.1.2. Recopilación de la información. Se recopiló información documental sobre la zona en estudio, así como la revisión retrospectiva del tema. También, la cartografía temática a las diferentes escalas disponibles, y artículos relativos a la Sierra de San Juan, especialmente sobre los temas: climatología, geología, edafología y biología.

4.1.1.3. Análisis de la información climática. Dado que para la zona, la información climática disponible es a escala 1:1'000,000 y 1:500,000, fue necesario elaborar un mapa de climas a la escala de trabajo (1:50,000), apoyándose con las 5 estaciones climatológicas que rodean la reserva: Tepic, Xalisco, El Refilión, Jalcocotán y Mecatán.

Debido a que ninguna de las estaciones se ubica dentro de la zona de estudio, y por la altitud de las mismas (menor a 1,000 msnm), se optó por usar la técnica del gradiente mediano o de las cruces (Ortiz S, C.A., 1982). Para la determinación de los gradientes térmicos se procedió de la siguiente manera: con base en la temperatura promedio anual y la altitud de cada estación, se calculó el gradiente térmico mediano para la zona en estudio. Se realizó sobre una carta topográfica a escala 1:50,000 la triangulación termométrica de las estaciones climatológicas. Se hizo el trazado de las isotermas rectilíneas y se obtuvo la temperatura promedio anual de la mayor altitud de la reserva, 2240 msnm. Posteriormente, se obtuvieron los gradientes térmicos, desde este punto y las estaciones climatológicas. Finalmente, con base en el sistema de clasificación climática de Koeppen modificado por García, E. (1988) y la distribución de las comunidades de vegetación, se graficaron los límites climáticos.

Una vez obtenido el mapa de climas, se procedió a la elaboración de la gráfica sobre el régimen de humedad del suelo. Para ello, se estimó la evapotranspiración potencial por el método de Thornthwhite (SARH, 1972).

También se estimó el clima de acuerdo a los lineamientos de FAO (1981); éstos constan de dos etapas: 1) la definición de las divisiones climáticas mayores y 2) la obtención de los períodos de crecimiento.

4.1.1.4. Fotointerpretación. Mediante la interpretación de fotografías aéreas blanco y negro a escala 1:50,000 del año 1971 y a escala 1:20,000 de 1986, se obtuvieron el análisis fisiográfico de la zona en estudio y la actualización del mapa de uso del suelo.

Para el análisis fisiográfico los principales criterios utilizados fueron, a nivel de gran paisaje, la forma del relieve a escala regional; a nivel de paisaje, la génesis del relieve y forma local; los subpaisajes, se definieron por una combinación de la pendiente, la disección del relieve, la forma local y uso del suelo.

La actualización del mapa de uso del suelo consistió en separar las áreas cultivadas, forestadas, con uso minero y urbanizadas; a su vez, las zonas cultivadas se clasificaron por especies en: caña de azúcar, café, aguacate y cultivos anuales. Se respetaron los límites de las unidades de vegetación propuestos por DETENAL, (1974 c).

4.1.1.5. Leyenda fisiográfica preliminar y selección de sitios de muestreo. De acuerdo con el análisis fisiográfico y la información temática y cartográfica de la zona se elaboró la leyenda fisiográfica preliminar. También, en función de esta leyenda y el análisis fisiográfico se definieron los sitios de muestreo para cada nivel de levantamiento; así, se seleccionaron 23 puntos de muestreo de acuerdo con las rutas de acceso a la zona y se refirió 1 perfil descrito en el estudio edafológico del Valle Matatipac (García, 1993).

4.2.2. Fase de campo. Esta parte comprendió un recorrido general de reconocimiento durante la fotointerpretación, y el muestreo sistemático durante 8 semanas de trabajo, entre diciembre de 1991 y noviembre de 1993.

El muestreo sistemático consistió en realizar las observaciones proyectadas; relacionadas con el paisaje y el perfil del suelo (Elbersen *et al.*, 1986 y Cuanalo, 1990), se obtuvieron muestras de los horizontes de cada perfil abierto. También, se verificaron los límites de suelos trazados en las fotografías aéreas y en algunos casos se modificaron.

4.2.3. Fase de laboratorio. Se colectaron un total de 103 muestras en 23 perfiles con observaciones detalladas, a las cuales se realizaron los siguientes análisis:

Dentro de las análisis físicos se determinó el color en seco y en húmedo mediante el uso de las tablas Munsell; la densidad aparente, por la técnica de la probeta (Domínguez, J. y N. Aguilera, s/f); la densidad real se obtuvo por el método del picnómetro (Ortiz, H.L., 1986; Domínguez, J. y N. Aguilera, s/f). Para los 13 perfiles modales se determinó el porcentaje de humedad a capacidad de campo y la densidad aparente, medida con probeta (Gandoy, B.W., 1991).

Las pruebas químicas realizadas fueron: pH en relación 1:2.5, en agua (H₂O) y en cloruro de potasio (KCl) (Ortíz, H.L., 1986; Domínguez, J. y N. Aguilera, s/f). Materia orgánica por el método de Wackley y Black (Ortíz, H.L., 1986; Domínguez, J. y N. Aguilera, s/f); posteriormente se estimó el porcentaje de carbón orgánico mediante la fórmula %CO= %MO x 0.58 (Ortíz, H.L., 1986; Domínguez, J. y N. Aguilera, s/f). El contenido de nitrógeno se estimó a partir del contenido de materia orgánica, dividiendo este porcentaje entre 20 (Elbersen *et al.*, 1974). En todos los casos se determinaron las muestras por duplicado y triplicado cuando existían diferencias significativas en las dos primeras.

4.2.4. Fase de compilación del mapa. En este apartado se incluye la clasificación taxonómica de los perfiles de suelos, la transferencia de los límites de suelos al mapa base, y la elaboración de la leyenda fisiográfica-edafológica definitiva.

4.2.4.1. Clasificación taxonómica de los perfiles. Se realizó la clasificación taxonómica de los 23 perfiles, siguiendo el sistema taxonómico del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Soil Survey Staff, 1994); se trabajó a nivel de subgrupos. También, se clasificaron de acuerdo con la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos (FAO-UNESCO, 1989).

4.2.4.2. Restitución fotogramétrica. Mediante el uso de Stereosketch se transfirieron al mapa topográfico los límites de suelos interpretados en las fotografías aéreas y corroborados en el campo. Posteriormente se agruparon los taxones identificados en cada unidad de mapeo y se generó el mapa de suelos de la zona en estudio.

4.2.4.3. Leyenda fisiográfica-edafológica definitiva. Con la información taxonómica por cada unidad de mapeo, se completó la leyenda fisiográfica, se calculó automáticamente la superficie de cada unidad mapeada y se estimó la proporción que cubre dentro de la reserva. Con todo ello, se estableció la leyenda fisiográfica-edafológica definitiva.

4.2. Digitización de mapas.

El banco de datos geográfico de la zona de estudio, se elaboró utilizando el Sistema de Información Geográfica ILWIS versión 1.3.

Se digitizaron las cartas siguientes: localización de la reserva, topografía, climas, hidrología, geología, geomorfología, uso del suelo y vegetación y el mapa de suelos producto del levantamiento.

Se utilizó como marco de referencia el sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal Mecator). El procedimiento consistió en: 1) digitizar en formato vector (segment mode) las líneas, 2) verificar que los segmentos estuvieran cerrados correctamente, 3) generar polígonos

(unidades de mapeo), 4) nombrar y colorear los polígonos y 5) verificar la superficie digitizada de cada unidad.

Todos los mapas capturados se pasaron a formato raster (o de celdas), se les generó su leyenda y se editaron a escala 1:150,000.

A partir del mapa topográfico digitizado, se obtuvo el Modelo Digital del Terreno (MDT), por medio de la rasterización e interpolación de las isolíneas. Se aplicó el filtrado (shadow) con una luz proveniente del NE.

El modelo digital del terreno permitió obtener el mapa de pendientes de la zona, a través de una serie de cálculos automáticos de ILWIS y una tabla de clasificación con las siguientes clases de inclinación en porcentajes: 0-3, 3-6, 6-10, 10-25, 25-40, 40-100 y mayor a 100.

4.3. Interpretación del levantamiento de suelos.

Para la interpretación del levantamiento general y semidetallado de suelos de la reserva ecológica Sierra de San Juan, se siguieron 2 sistemas de clasificación; el primero, con fines generales, el sistema por capacidad de uso de las tierras del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, modificado por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL, 1970); y el segundo, específico para el cultivo de la caña de azúcar, mediante el sistema de evaluación de tierras propuesto por Beek (1978).

4.3.1. Clasificación por capacidad de uso de las tierras.

Se consideraron para la zona los factores limitantes: disponibilidad de agua, incidencia de inundaciones, riesgo a la erosión, topografía del terreno, profundidad efectiva del suelo, profundidad del manto freático, pedregosidad y acidez del suelo.

Se elaboró una matriz de clases de terrenos para cada factor limitante (ver cuadro 8), mediante la cual, se calificaron las diferentes unidades de mapeo de suelos y se obtuvo su clasificación. Bibliográficamente, se siguieron recomendaciones de uso y prácticas de manejo de acuerdo a los factores que las limitan.

4.3.2. Evaluación de tierras para el cultivo de caña de azúcar.

El tipo de utilización seleccionado fue el cultivo de caña de azúcar, bajo dos sistemas de manejo (mecanizado y laboreo mínimo), se evaluaron las tres variedades mas comunes en la zona en estudio (Mex 54-81, Mex 57-473 y L 60-14).

En base a las características de los terrenos y a su productividad se seleccionaron las siguientes cualidades a evaluar: riesgo a la erosión, disponibilidad de agua y de altitud, disponibilidad de temperatura en el crecimiento y en la maduración del cultivo, posibilidad de uso de maquinaria, disponibilidad de nutrientes y de oxígeno.

Se elaboraron matrices para clasificar los diferentes grados de cualidad (ver cuadros 9,10,11,12,13 y 14). Se construyó una tabla de conversión de los grados de aptitud por cada unidad mapeada, y se realizó la clasificación de las unidades de tierras, tomando en cuenta su capacidad, la disponibilidad de mejoramiento de las cualidades de la tierra y su nivel de manejo, en: BUENA, REGULAR, RESTRINGIDA y NO APTA. También, se identificaron las prácticas de manejo y se especificaron para cada unidad evaluada.

Los niveles de manejo seleccionados, en términos generales se describen a continuación:

1. SISTEMA MECANIZADO. Incluye el uso de maquinaria agrícola pesada para la preparación del terreno (subsoleo, barbecho, rastreo, surcado y tapado de semilla); una vez establecida la planta, se utiliza maquinaria o arados manuales para las labores del cultivo (bordeado, escaradas y aplicación de fertilizantes y herbicidas); en la cosecha, incluye el corte manual, el uso de recogedoras mecánicas y camiones de acarreo.
2. SISTEMA DE LABOREO MINIMO. Consiste en utilizar arados manuales jalados por "mulas" para la siembra de la caña; y una vez establecida, se evita realizar otras actividades de labores del cultivo, que no sean, el deshierbe químico y la aplicación de fertilizantes en forma manual; en la cosecha, se evita el uso de recogedoras mecánicas.

Cuadro 8. Calificación de las clases de terrenos para cada factor limitante (Quiñones et al., 1973).

	DISPONIBILIDAD DE AGUA (C)	INUNDACIONES (I)	RIESGO A LA EROSION (E)	TOPOGRAFIA (T)	PROFUNDIDAD EFECTIVA (S1)	PROF. MANTO FREATICO (S2)	PEDREGOSIDAD (S3)	pH ACIDEZ (S4)
1	No requiere riego	Nulas	Nula o imperceptible	<3%	>75 cm	>75 cm	<5%	7.0-6.5
2	Necesita riego en invierno	20% o retraso de la siembra	Nula o imperceptible	<3%	50-75 cm	50-75 cm	5-10%	6.5-6.0
3	Necesita riego en otoño	20-50%	Surcos medios	3-6%	35-50 cm	35-50 cm	10-15%	6.0-5.5
4	Necesita riego todo el año	50%	Surcos profundos	6-10%	25-35 cm	25-35 cm	15-35%	5.5-5.0
5	Limitantes leves	Total para agric. leve para pastos	Cárcavas incipientes	10-25%	15-25 cm	15-25 cm	35-50%	5.5-5.0
6	Limitantes moderadas	Moderada para pastos	Cárcavas medias	25-40%	10-15 cm	10-15 cm	50-70%	5.5-5.0
7	Limitantes severas	Severa para pastos	Cárcavas profundas	40-100%	<10 cm	<10 cm	70-90%	5.5-5.0
8	Acidez extrema	Total	Quedan pequeños montículos	>100%	<10 cm	<10 cm	>90%	<5.0

Cuadro 9. Grados de riesgo a la erosión por nivel de manejo.

GRADO DE CUALIDAD	NIVELES DE MANEJO	PENDIENTE	
		GRADOS	%
Bajo 1	Mecanizado	0-3	0-5.2
	L. mínimo	0-6	0-10.5
Moderadamente Bajo 2	Mecanizado	3-6	5.2-10.5
	L. mínimo	6-12	10.5-21.3
Moderadamente Alto 3	Mecanizado	6-12	10.5-21.3
	L. mínimo	12-20	21.3-36.4
Alto 4	Mecanizado	12-20	21.3-36.4
	L. mínimo	20-30	36.4-57.7
Muy alto 5	Mecanizado	>20	>36.4
	L. mínimo	>30	>57.7

Cuadro 10. Grados de disponibilidad de agua y altitud por variedad.

GRADO DE CUALIDAD	VARIEDAD	PRECIPITACION ANUAL (mm)	ALTITUD msnm
Alto 1	Mex 54-81 (1) Mex 57-473(2) L 60-14 (3)	>1000 >1600 >1700	900-1200 0-1300 0-1600
Medio 2	1 2 3	800-1000 1200-1600 1400-1700	600-900/ 1200-1500 1300-1600 1600-1800
Bajo 3	1 2 3	600-800 1000-1200 1100-1400	>1500 >1600 >1800
Muy bajo 4	1 2 3	<600 800-1000 800-1100	

Cuadro 11. Grados de disponibilidad de temperatura.

GRADO DE CUALIDAD	TEMPERATURA (°C)	
	CRECIMIENTO	MADURACION
Alto (1)	22-30	18-21
Medio (2)	20-22	14-18
Bajo (3)	18-20	10-14
Muy bajo (4)	<18	<10

Cuadro 12. Grados de posibilidad de uso de maquinaria.

GRADOS DE CUALIDAD	PEDREGOSIDAD	TEXTURA	PROFUNDIDAD cm
Alto (1)	Ninguna o muy poca interferencia	Media	>90 Profundos
Medio (2)	Muy poca o poca interferencia	Fina <60% de arcilla	60-90 Medios
Bajo (3)	Interferencia	Gruesa	30-60 Delgados
Muy bajo (4)	Alta interferencia	Muy fina ó Muy gruesa	<30 Muy delgados

Cuadro 13. Grados de disponibilidad de oxígeno.

GRADO DE CUALIDAD	DRENAJE
Alto (1)	Bien drenado
Medio (2)	Imperfectamente drenado
Bajo (3)	Pobrememente drenado
Muy bajo (4)	Muy pobrememente drenado

Cuadro 14. Grados de disponibilidad de nutrientes.

GRADO DE CUALIDAD	pH *	M.O % **	N.t. % **	CCT**	Ca**	Mg**	K**
Alto (1)	7.5 6.5	3.0 5.0	> 0.15	>20	>10	>3.0	.6-1
Medio (2)	6.5 6.0	2.0 3.0	0.09 0.15	10-20	5-10	1.3-3.0	.3-6
Bajo (3)	6.0 5.5	1.0 2.0	0.06 0.09	5-10	2-5	0.5-1.3	2-3
Muy bajo (4)	5.5 5.0	0.5 1.0	0.03 0.06	0-5	0-2	0-0.5	0-2
Extrem. bajo (5)	< 5.0	< 0.5	< 0.03				

* Quiñones *et al.*, 1973.

** Etchevers *et al.*, 1971.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Unidades Climáticas

La reserva ecológica Sierra de San Juan se encuentra a menos de 30 km del litoral del Pacífico y alcanza una altitud máxima de 2240 msnm, dada estas circunstancias queda expuesta de manera directa a la humedad del Océano Pacífico.

Según el sistema de clasificación de Koeppen modificado por García, E. 1988, la reserva presenta 2 unidades climáticas, la primera, con clima templado, y la segunda, con clima semicálido (Figura 6). A continuación se describen.

UNIDAD TEMPLADA

Esta unidad se localiza en la parte superior de la Sierra (ver figura 6); presenta temperaturas promedio anuales entre 15.5 y 18°C; cubre unas 3,706 hectáreas y representa el 14.11% del total de la zona de estudio. Su límite al norte, se localiza a 1500 msnm; al noreste, a 1600 m; al este, a 1700 m; al sur, a 1600 m y 1500 m; y al oeste, a 1400 msnm; ésto debido al comportamiento de los gradientes térmicos según las condiciones particulares de las estaciones consideradas: Tepic, El Refilión, Jalcocotán y Jumatán.

UNIDAD SEMICALIDA

Esta unidad tiene una temperatura promedio anual entre 18 y 22°C; constituye el resto de la zona de estudio con alrededor de 22,543 ha, esto es, el 85.89% del total de la reserva. Por humedad se separaron dos condiciones, por un lado, el intermedio de los subhúmedos y por otro, el más húmedo de los subhúmedos.

El intermedio de los subhúmedos. La precipitación promedio anual varía entre 1200 y 1500 mm; cubre una superficie de 12,066 ha, siendo el 45.98% de la reserva, se localiza al este de la zona en estudio (ver figura 6).

La figura 7, presenta las temperaturas promedio mensuales máximas, medias y mínimas de la estación meteorológica de Tepic, aunque se encuentra fuera de la unidad, nos muestra el comportamiento térmico en esta vertiente de la Sierra. Se observa que las temperaturas máximas promedio mensuales más altas (32.8 a 33.2°C) se presentan en los meses de abril a junio; las temperaturas promedio mensuales, indican que los meses más cálidos (entre 23.3 y 23.5°C) son de junio a septiembre; en tanto, las temperaturas mínimas indican que los meses de diciembre a

mayo, presentan una temperatura inferior a 10°C y los meses de enero a marzo, inferior a 5°C, por lo que en estos últimos, podemos esperar cierta probabilidad de heladas.

La figura 8, muestra la precipitación mensual máxima, media y mínima de la misma estación; resalta un período húmedo muy marcado, de junio a octubre, producto de los monzones y de los ciclones tropicales; este período concentra el 92% de la precipitación; y un período seco, de noviembre a mayo, concentra el 8% de la precipitación producto de los nortes y de las "equipatas".

Al realizar el balance hídrico de la estación Tepic, resulta un régimen de humedad del suelo Udico (Figura 11), con un período de recarga, en los meses de junio y julio; un excedente, entre julio y octubre; y con humedad aprovechable, de octubre a abril. Sin embargo, se le asignó un régimen de humedad Udico; por la condición del material pumítico de retener gran cantidad de agua, lo que hace aumentar la humedad del suelo. Esta condición de humedad fue observada durante la época más seca de los años 1992 y 1993, en los meses de mayo y junio.

Las razones por las cuales apoyamos esta asignación son: 1) Los suelos y depósitos de pómez y pumicitas presentan alta retención de humedad (superior a 30% a capacidad de campo), y 2) la respuesta productiva de especies perennes bajo condiciones de secano, como es el caso de la caña de azúcar, el café y el aguacate.

De acuerdo con FAO (1981), esta estación corresponde a un clima tropical caliente con un período de crecimiento normal para cultivos de temporal, que va de junio a octubre, y es propicia para el desarrollo de especies del grupo II y III, con forma fotosintética C3 y C4 respectivamente.

El más húmedo de los subhúmedos. La precipitación promedio anual de esta unidad varía entre 1,500 y 1,750 mm; cubre una superficie aproximada de 10,477 ha, el 39.91% del total de la zona en estudio, y se localiza al norte y occidente de la misma (ver figura 6).

Las figuras 9 y 10, muestran la temperatura y la precipitación media mensual de la estación climatológica de Jalcocotán respectivamente; al igual que la anterior, está ubicada fuera de la reserva; sin embargo, nos permitirá observar el comportamiento térmico y de la humedad en la vertiente Occidental de la Sierra. Se aprecia que los meses más cálidos corresponden a los más lluviosos, de junio a octubre, con 25.3 a 25°C y con el 94% de la precipitación anual. Mientras que los meses más fríos son enero y febrero con 19.5 y 19.6°C respectivamente.

El balance hídrico de la estación Jalcocotán es Udico, por las razones antes expuestas (ver figura 12). De acuerdo con FAO 1981, esta estación corresponde a un clima tropical caliente, con un período de crecimiento normal, que va de junio a octubre. Es propicia para la adaptación de especies del grupo II y III, con forma fotosintética C3 y C4.

5.2. Unidades de uso del suelo y vegetación.

En el anexo 4 se presenta el mapa de uso del suelo y vegetación, en donde las unidades de uso agrícola, minero y urbano fueron actualizadas por interpretación de fotografías aéreas de 1986. En los cuadros siguientes se resume en cifras el uso del suelo de la reserva ecológica Sierra de San Juan.

Cuadro 15. Uso del suelo de la reserva ecológica Sierra de San Juan.

USO DEL SUELO	EXTENSION	
	Ha	%
Bosque de encino-mesófilo m.	2,589	9.66
Bosque de encino-pino	6,719	25.07
Bosque de pino-encino	5,118	19.09
Bosque de pino	3,362	12.54
Vegetación secundaria	1,904	7.10
Agricultura de temporal	6,376	23.80
Zona urbana/rural	647	2.42
Minas	84	0.32
Total	26,799	100.00

Cuadro 16. Uso agrícola de la reserva ecológica Sierra de San Juan.

CULTIVOS	EXTENSION	
	Ha	%
Caña de azúcar	3,709	58.17
Cultivos anuales	1,540	24.15
Aguacate	668	10.48
Café	386	6.05
Plátano	84	1.15
Total	6,376	100.00

Figura 6. Unidades Climáticas de la reserva ecológica Sierra de San Juan. (Mapa elaborado con los criterios de Ortiz, 1982 y E. García, 1988).

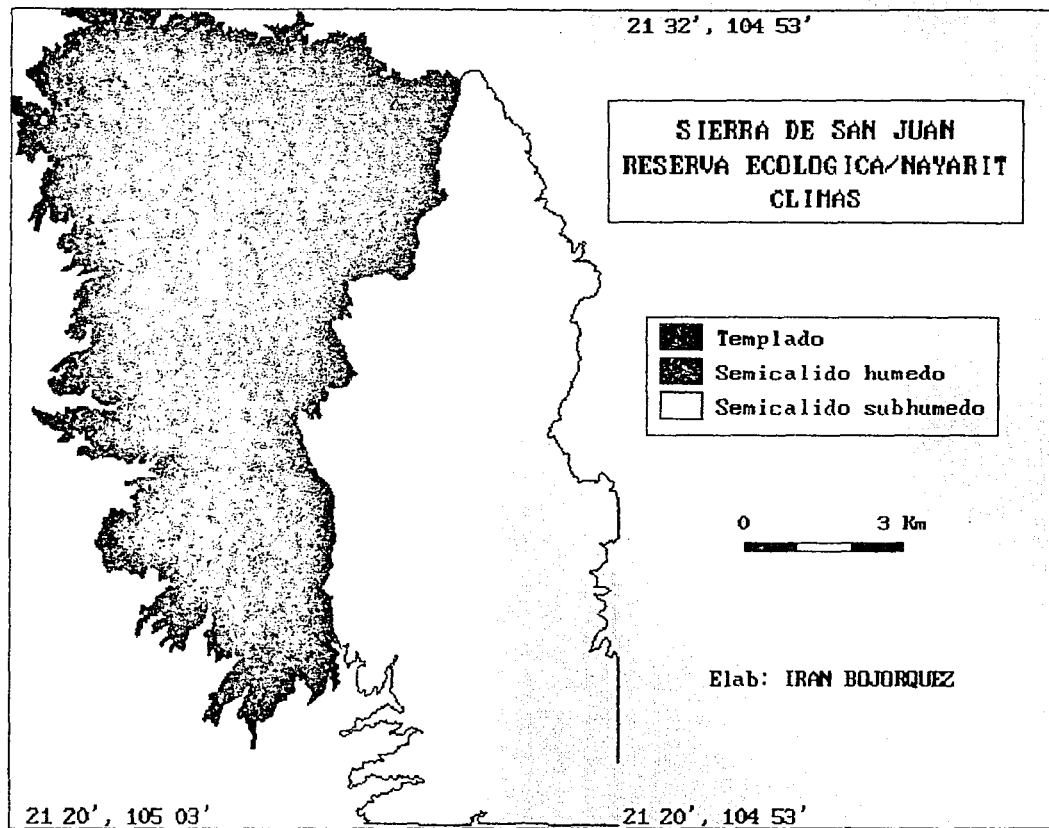


Figura 7. Temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales.
Estación Climatológica Tepic

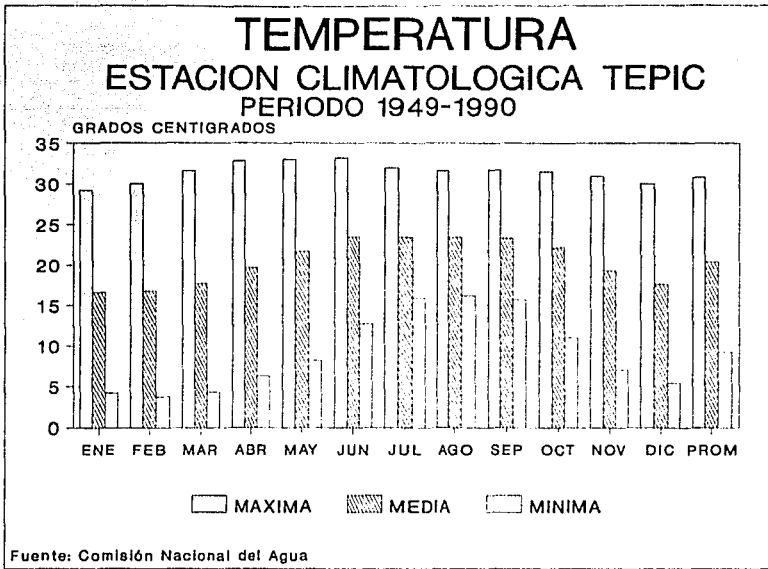


Figura 8. Precipitaciones máximas, medias y mínimas mensuales.
Estación Climatológica Tepic

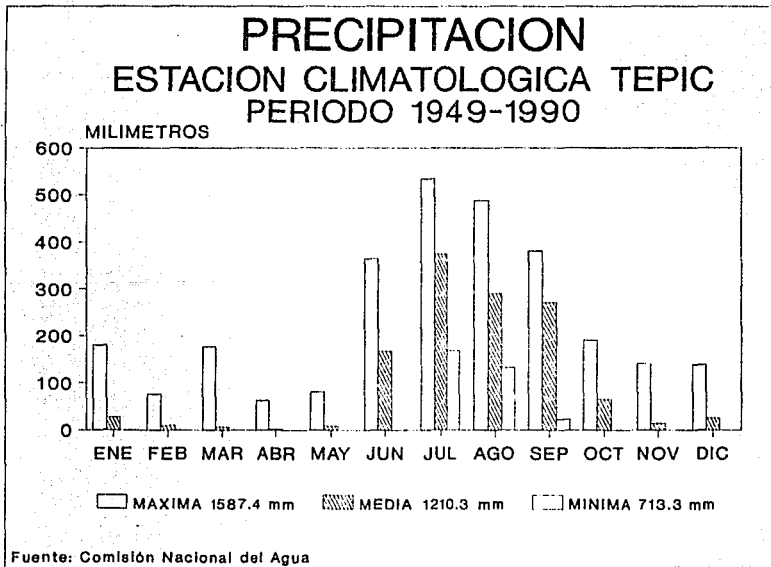


Figura 9. Temperaturas medias mensuales. Estación Climatológica Jalcocotán.

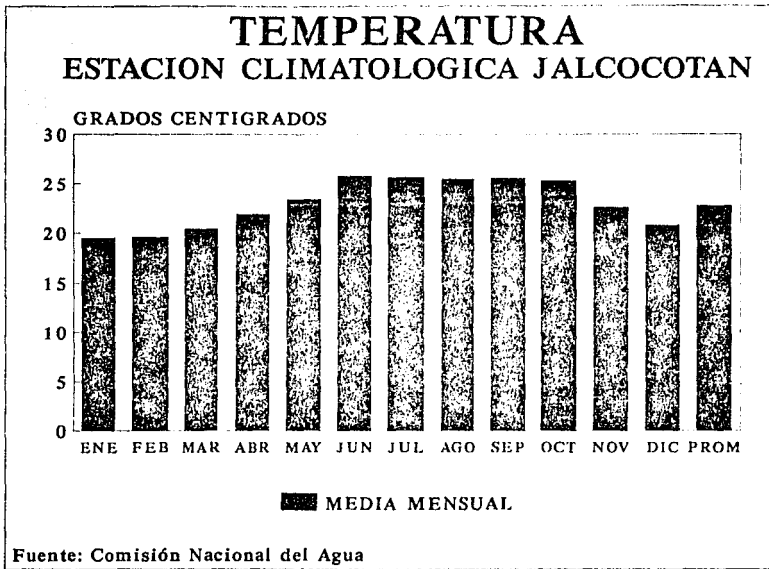


Figura 10. Precipitaciones medias mensuales. Estación Climatológica Jalcocotán.

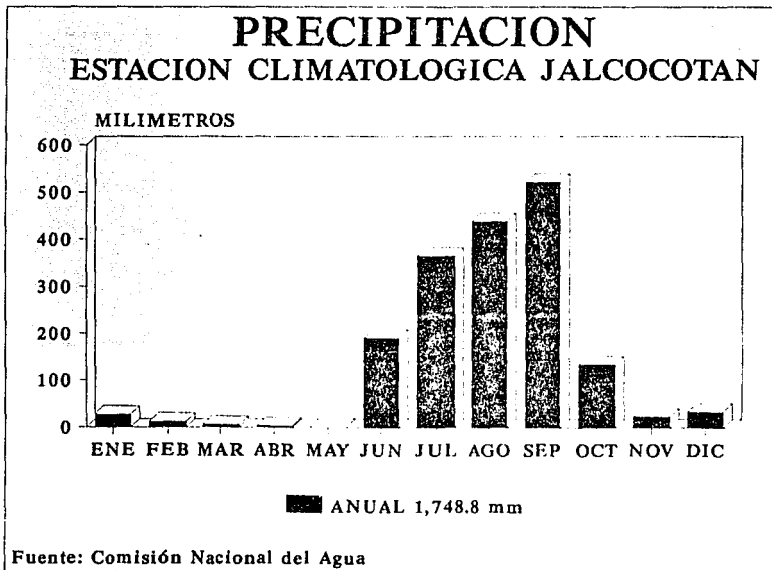


Figura 11. Balance hídrico de la estación Tepic.

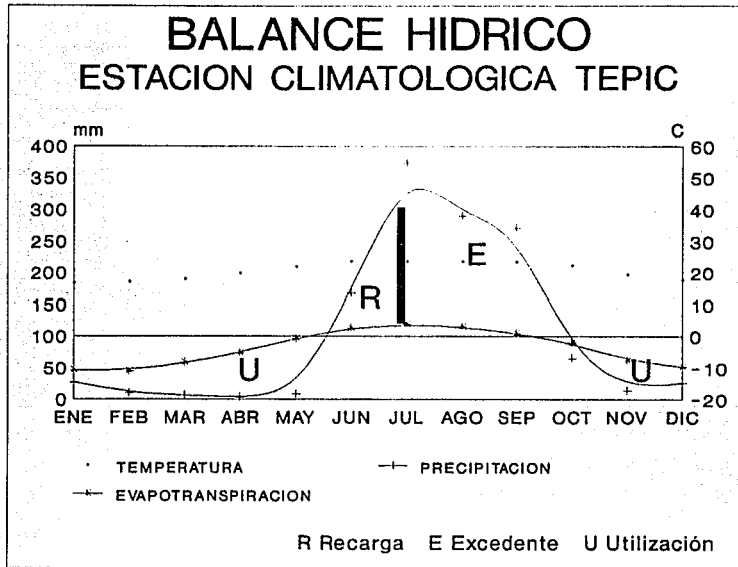
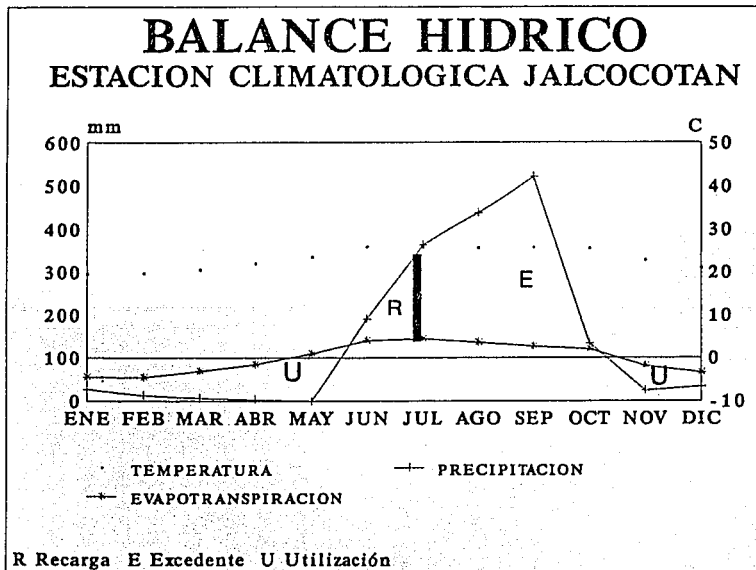


Figura 12. Balance hídrico de la estación Jalcocotán.



5.3. Unidades fisiográficas y de mapeo de suelos

De acuerdo con la clasificación fisiográfica de la zona en estudio, se obtuvieron 12 unidades de mapeo de suelos: 7 asociaciones y 5 consociaciones (ver anexos 2 y 5).

Las unidades fisiográficas resultado de la fotointerpretación y el trabajo de campo, son dos grandes paisajes: A) Unidad de montaña volcánico denudativa y B) Unidad deposicional (Figura 13).

A. UNIDAD DE MONTAÑA VOLCANICA DENUDATIVA

Este Gran Paisaje se refiere a una serie de volcanes del Terciario y Cuaternario, que por su génesis, morfología, pendiente, uso del suelo y dinámica de los procesos actuales, constituyen 4 paisajes diferentes: A1. Laderas con depósitos de pómez, pumicitas y cenizas volcánicas sobre coladas de basalto del Mioceno; A2. Laderas con depósitos de pómez y pumicitas sobre coladas de andesitas; A3. Superficies de nivelación con depósitos de pómez, pumicitas y cenizas volcánicas; y A4. Coladas de basalto andesítico del Pleistoceno, estas últimas no están cubiertas de pómez y pumicitas (Figura 14).

A1. Laderas con depósitos de pómez, pumicitas y cenizas volcánicas sobre coladas de basalto del Mioceno.

Esta unidad se compone de un relieve volcánico basáltico del Mioceno, que durante la segunda etapa del Volcán San Juan, fue cubierto con depósitos de pómez, pumicitas y cenizas volcánicas, que suavizaron el relieve original, pero en términos generales se aprecia la morfología anterior.

Se ubica al noroeste y sur de la zona en estudio, cubre alrededor de 13,332 ha y representa el 50.8% del área, la altitud varía entre 980 y 1600 msnm. Las condiciones climáticas prevalecientes en esta unidad son semicálida subhúmeda, al sureste de la zona y húmeda, al noroeste y suroeste. Estas laderas, por pendiente se agruparon en tres subpaisajes, en los cuales, se ubicaron una consociación y dos asociaciones de suelos.

A11. Laderas con pendiente inferior a 15%. La característica principal de este subpaisaje son superficies producto de la nivelación de los materiales pumíceos sobre las laderas poco inclinadas y depresiones del relieve anterior; presenta densidad y profundidad de disección muy baja.

Figura 13. Grandes Paisajes de la reserva ecológica Sierra de San Juan.

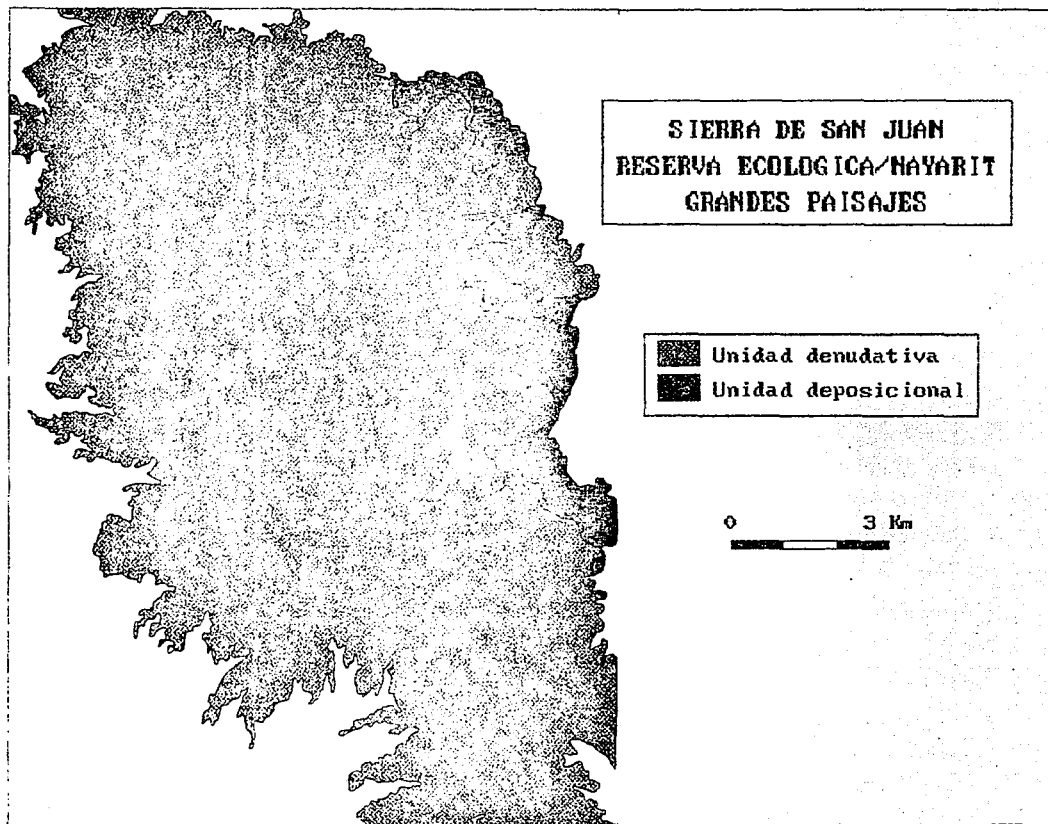
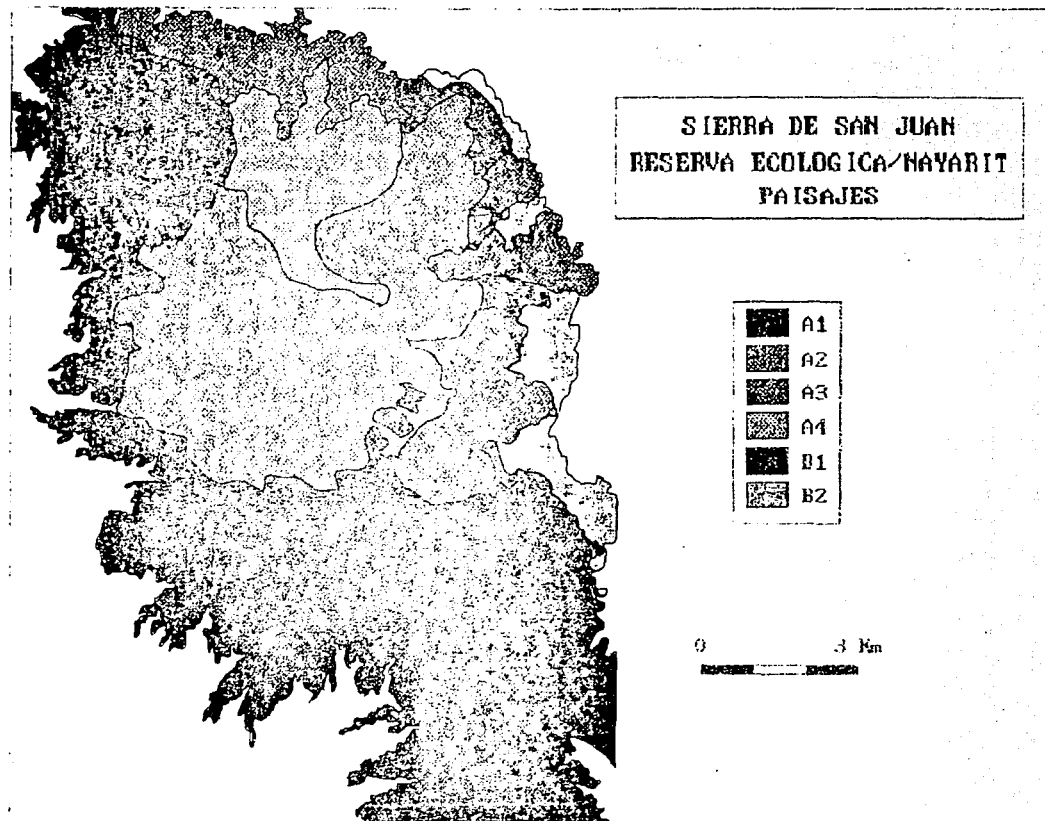


Figura 14. Paisajes de la reserva ecológica Sierra de San Juan



Esta unidad cubre una superficie de 1,069 ha y representa el 4% del total de la reserva; se localiza al sureste de la zona en estudio y al noroeste, en la mesa El Tepetolole y en el valle La Libertad. Se ubicó en esta área una consociación representada por el Conjunto Zapata Hapludands profundo (Fotografías 1 y 2).

La génesis de este conjunto está determinada por la nivelación de materiales pumíticos y cenizas volcánicas, sobre las laderas de poca inclinación y depresiones del relieve basáltico anterior; dando lugar a cimas amplias a muy amplias de escasa pendiente, sobre las cuales se está desarrollando el suelo. Dada las condiciones de pendiente y humedad alcanza una profundidad hasta de 150 cm sobre el material de pómez de color gris claro (10YR 7/2).

Se describe el perfil 14 como representativo de la unidad, se clasificó tentativamente como Hapludands, por su morfología observada en campo y el régimen de humedad del suelo. Sin embargo, se requieren evidenciar químicamente las propiedades ándicas para proponer una clasificación definitiva.

La morfología del perfil nos muestra un horizonte A de 13 cm de material suelto, de color negro en húmedo (10YR 2/1) y gris en seco (10YR 4/1), seguido por un horizonte A21 con 30 cm de espesor y del mismo color que el anterior, y por un A22 de 25 cm, pardo oscuro en húmedo (10YR 3/3) y pardo grisáceo en seco (10YR 5/2); le sigue un horizonte B de 37 cm de espesor, pardo amarillento en húmedo (10YR 4/4) y pardo en seco (10YR 5/3). Le continúa el horizonte C de material de pumicita muy hidratada y de color amarillo pardusco (10YR 6/6), sobre el depósito de pómez sin alterar (ver fotografía 1). Casi el total de la unidad está cultivada con caña de azúcar y sólo algunas superficies con aguacate y especies anuales.

Perfil del Conjunto Zapata Hapludands

Perfil No. 14

Fotografía aérea No: 4.11.11

Vuelo: SARH 20-12-1986

Escala: 1:20,000

Clasificación taxonómica: Hapludands

Fecha de descripción: mayo 19 de 1993

Describió: I. Bojórquez y J. López

Ubicación: Km 1.25 camino a La Curva, al sureste del poblado Emiliano Zapata.

UTMx: 511608.60

UTMy: 2362946.00

Altitud: 1060 msnm.

Pendiente: 0-6 %

Posición fisiográfica: cima muy amplia

Vegetación: cultivos

Uso: cultivo de caña de azúcar

Material parental: pómez, pumicitas y cenizas volcánicas
 Drenaje externo: normal
 Drenaje interno: normal
 Tipo de erosión: hídrica
 Grado de erosión: leve
 Influencia humana: alta

Profundidad (cm)	Descripción (Parfitt, R.L. y A.D. Wilson, 1985).
0-13 Ap	Negro (10YR 2/1), franco-arenoso; raíces abundantes finas; reacción al NaF; permeabilidad rápida.
13-43 A12	Negro (10YR 2/1), franco; con bloques subangulares muy finos, débiles y moderados; blando, muy friable y ligeramente adhesivo; raíces abundantes y finas, alta reacción al NaF; permeabilidad rápida.
43-68 AB	Pardo oscuro (10YR 3/3), franco; con bloques subangulares finos, débiles y moderados; blando, muy friable y poco adhesivo; raíces frecuentes y muy finas; alta reacción al NaF; permeabilidad rápida.
68-90 Bw1	Pardo amarillento (10YR 4/4), franco; con bloques subangulares finos y medios, débiles y moderados; ligeramente duro, muy friable y poco adhesivo; raíces escasas y finas; alta reacción al NaF; permeabilidad rápida.
90-105 Bw2	Pardo (10YR 5/3), franco; con bloques subangulares finos y medios, débiles y moderados; ligeramente duro, muy friable y poco adhesivo; raíces escasas y finas; trazas en la reacción al NaF; permeabilidad rápida.
105-153 C	Amarillo pardusco (10YR 6/6), arenoso; raíces escasas y muy finas. Presencia de pumicita muy hidratada e intemperizada.
153-180 R	Depósito de pómez y pumicitas con espesor superior a 5 metros, pardo pálido (10YR 6/3).

Fotografía 1. Perfil 14
Hapludands

Fotografía 2. Paisaje del la unidad de mapeo A11.

A12. Laderas con pendiente entre 15 y 40%. Este subpaisaje se compone de laderas y piedemontes, presenta en general cimas subredondeadas y amplias. Las cimas subredondeadas presentan drenaje de tipo dendrítico con densidad y profundidad de disección media. Las cimas amplias llegan a formar abanico-terrazas, como producto de una relativa nivelación de los depósitos de pómez, pumicitas y cenizas y la disección por procesos erosivos; presentan densidad y profundidad de disección baja.

Esta unidad cubre una superficie de 5,167 ha y representa el 19.7% del total de la reserva. Se localiza en el sureste de la zona de estudio y al oeste, en el ejido el Cuarenteño. Dentro de esta área se ubicó la asociación de los Conjuntos Tacote Hapludands, Reseco Udorthents y Húmedo Haplumbrepts. El primero ubicado sobre las cimas subredondeadas y amplias de las terrazas y los otros dos, en los taludes y fondos de barrancos, respectivamente (Fotografías 3 y 4).

A continuación se describen las características del perfil 13, representativo del Conjunto Tacote Hapludands de profundidad intermedia.

La génesis de este conjunto está determinada por el modelado menos abrupto del relieve anterior, permitiendo a las pómez y pumicitas formar crestas subredondeadas y amplias; como en el caso del paraje "El Tacote" donde los modificadores actuales han disecado las pómez y forman pequeños abanico-terrazas.

El tiempo de desarrollo del perfil del suelo es reciente; sin embargo, bajo las condiciones de menor pendiente, en las cimas redondeadas y amplias, el desarrollo del perfil del suelo se ve favorecido y alcanza una profundidad hasta de 90 cm sobre el material de pómez de color blanco (10YR 8/2).

El perfil se clasificó tentativamente como Hapludands, por la morfología de campo y el régimen de humedad del suelo. Sin embargo, se requiere evidenciar químicamente las propiedades ándicas para proponer una clasificación definitiva.

La morfología del perfil nos muestra un horizonte A de 10 cm de espesor, de color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo grisáceo en seco (10YR 5/2); seguido de un horizonte A12 de 9 cm, pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo en seco (10YR 5/3); sobre un horizonte B de 46 cm, de color pardo oscuro amarillento en húmedo (10YR 4/4) y pardo amarillento claro en seco (10YR 6/4). Le sigue, un horizonte C de material de pómez y pumicitas poco alterado, de 20 a 40 cm de profundidad, pardo amarillento en húmedo (10YR 5/6) y pardo muy pálido en seco (10YR 7/3). Inmediatamente después se encuentra el depósito de pumita sin alterar (ver fotografía 3).

La mayor parte de las cimas subredondeadas y amplias se usan para el cultivo de caña de azúcar y aguacate, y en el caso del ejido el Cuarenteño con café y plátano; algunos taludes y fondo de las barrancas se usan para el cultivo de especies anuales, maíz y frijol principalmente.

La mayoría de los taludes conservan elementos aislados de pinos (Pinus michoacana y P. ocarpa) con baja a muy baja densidad; en las cañadas dominan algunas latifoliadas y elementos del bosque mesófilo de montaña; siendo en estas últimas donde se encuentran las plantaciones de café.

Perfil del Conjunto Tacote Hapludands de profundidad intermedia.

Perfil No. 13

Fotografía aérea No: 4.10.15

Vuelo: SARH 20-12-1986

Escala: 1:20,000

Clasificación taxonómica: Hapludands

Fecha de descripción: mayo 19 de 1993

Describió: I. Bojórquez y J. López

Ubicación: al sur del poblado de Xalisco, km 5 camino a el El Tacote.

UTMx: 506557.70

UTMy: 2367039.00

Altitud: 1180 msnm

Pendiente: 7-12 %

Posición fisiográfica: cima amplia

Vegetación: bosque de pino con baja densidad

Uso: cultivo de caña de azúcar

Material parental: pómez y pumicitas

Drenaje externo: normal

Drenaje interno: normal

Tipo de erosión: hídrica

Grado de erosión: moderada

Influencia humana: alta

Profundidad (cm)	Descripción
0-10 Ap	Pardo muy oscuro grisáceo (10YR 3/2), franco arenoso; bloques subangulares muy finos, débiles; suelta, muy friable, no adhesivo, no plástico; raíces abundantes, delgadas y medias; tiene alta reacción al NaF; permeabilidad rápida.
10-19 A12	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), franco; bloques subangulares finos, moderados; ligeramente duro, friable, ligeramente pegajoso y adhesivo; raíces abundantes delgadas y medias, presenta alta reacción al NaF; permeabilidad moderada.

19-65	Bw	Pardo oscuro amarillento (10YR 4/4), franco; bloques subangulares finos, débiles; blando, friable, ligeramente pegajoso y adhesivo, raíces comunes y delgadas, reacción alta al NaF; permeabilidad rápida. Presencia de pumicitas muy intemperizadas.
65-88	C	Pardo amarillento (10YR 5/6), franco arenoso, bloques subangulares finos, débiles; blando, muy friable, ligeramente pegajoso; raíces pocas y finas, trazas en la reacción al NaF; permeabilidad rápida. Presencia de pumicitas muy poco intemperizadas.
88-120	R	Depósito de pómez poco intemperizado, húmedo, gris claro (10YR 7/2); raíces pocas y finas; alta retención de humedad.

A13. Laderas con pendiente superior a 40%. Las principales características de esta unidad, son las formaciones volcánicas muy trabajadas por los procesos erosivos y otras poco erosionadas, presenta en general drenaje tipo radial, con cimas agudas. Se localiza al sureste, en los volcanes Coatepec y Navajas; al sur, en Lo de Felipe; y al noroeste, en La Noria y Tepetilte.

Cubre una superficie de 7,095 ha y representa el 27% de la zona en estudio. Dentro de esta unidad se encontró la asociación de los Conjuntos Coatepec Hapludands y Cordoncillos Udorthents; el primero, se localiza en las cimas de los volcanes Coatepec y Navajas, al sureste; Lo de Felipe, al sur; La Noria y Tepetilte, al noroeste de la reserva; el segundo, se encuentra en las laderas de mayor pendiente y en los barrancos (Fotografía 5).

A continuación se describen las características del perfil 18, que representa al Conjunto Coatepec Hapludands poco profundo. La génesis de este Conjunto está dominada por el modelado que hacen las pómez y pumicitas sobre el relieve basáltico anterior, seguido por los procesos actuales de erosión, que en algunos sitios muy escarpados han erodado las pómez, quedando aflorando la roca anterior. En la mayoría de los casos, el espesor del depósito es superior a 5 metros, el cual da una alta estabilidad al material, aún en laderas de mayor pendiente.

El tiempo de desarrollo del perfil del suelo es reciente; con condiciones favorables de humedad, la propiedad de alta retención de humedad del material pumítico y rápido intemperismo de los materiales piroclásticos, dan lugar a un horizonte B cámbico con escaso desarrollo. Por otro lado, con la influencia de la vegetación de pinos y encinos que soporta esta unidad, recibe un aporte de material orgánico que al mezclarse con las pómez y pumicitas da lugar a un horizonte A ócrico, que permanentemente se está erodando por las condiciones de la pendiente y en algunos sitios por el manejo pecuario y forestal recibido en años pasados. El suelo alcanza unos 60 cm de profundidad sobre el material pumítico de color blanco (10YR 8/1).

**Fotografía 3. Perfil 13
Hapludands**

Fotografía 6. Paisaje del la unidad A12.

Este conjunto se clasificó tentativamente como Hapludands, por su morfología descrita en el campo y el régimen de humedad del suelo. Sin embargo, se requiere evidenciar químicamente las propiedades ándicas para clasificarlo de manera definitiva.

En su mayor parte, la unidad se cubre con vegetación de coníferas (*Pinus michoacana*, *P. ocarpa*), y encinos aislados o formando bosque mixto (*Quercus scytophylla*, *Q. obtusata*, *Q. castanea* y *Q. candicans*); en la cañadas protegidas y húmedas predominan especies de encinos y elementos de Bosque Mésófilo de Montaña (*Quercus castanea*, *Q. peduncularis*, *Q. candicans*, *Carpinus caroliniana*, *Cornus disciflora*, *Magnolia schiedeana*, *Ilex brandegeana*, *Turpinia paniculata*, *Citharexylon mocinii*, *Dendropanax arboreus*, *Oreopanax xalapensis*, *Stirax argenteus*, *Clethra rosei*, *Inga hintonii*, *Clusia salvinii*, *Saurauia serrata* y *Simplocos prinophylla*).

El uso de esta unidad es muy restringido; recibe pastoreo en muy baja proporción con ganado vacuno; sin embargo, fue la actividad principal durante fines del siglo pasado y principio del presente. En las laderas de menor altitud (980 a 1200 msnm), se observan en reducidas superficies plantaciones de café, aguacate y plátano.

Perfil del Conjunto Coatepec Hapludands poco profundo.

Perfil No. 18

Fotografía aérea No: 4.8.14

Vuelo: SARH 20-12-1986

Escala: 1:20,000

Clasificación taxonómica: Hapludands

Fecha de descripción: septiembre 15 de 1993

Describió: I. Bojórquez y J. López

Ubicación: 7.5 km camino a El Malinal, al suroeste del poblado de Xalisco.

UTMx: 502842.10

UTMy: 2367456.00

Altitud: 1480 msnm.

Pendiente: 55-80 %

Posición fisiográfica: cima subredondeada

Vegetación: bosque de pino

Uso: explotación forestal y pastoreo

Material parental: pómez y pumicitas

Drenaje externo: normal

Drenaje interno: normal

Tipo de erosión: hídrica

Grado de erosión: severa

Influencia humana: baja

Profundidad (cm)		Descripción
0-20	Ap	Pardo oscuro amarillento (10YR 4/4), franco; con bloques subangulares, finos, débiles y moderados; blando, muy friable y ligeramente adhesivo; raíces finas, abundantes, permeabilidad rápida.
20-40	Bw	Amarillo pardusco (10YR 6/6), franco-arenoso; con bloques subangulares finos, débiles y moderados; blando, muy friable y ligeramente adhesivo; raíces finas, abundantes; permeabilidad rápida.
40-60	BwC	Amarillo (10YR 7/6), arenoso; con bloques subangulares finos, débiles; blando, muy friable, ligeramente adhesivo; raíces finas, frecuentes, permeabilidad muy rápida. Alta proporción de pumicitas.
60-150	R	Depósito no consolidado de pómez con fragmentos de diferente tamaño y de color blanco (10YR 8/1), el espesor es superior a 5 metros.

Fotografía 5. Paisaje de la unidad de mapeo A13.

A2. Laderas con depósitos de pómez y pumicitas sobre coladas de andesitas.

Esta unidad comprende la primera fase del Volcán San Juan, se compone de una serie de edificios andesíticos, desarrollados sobre el relieve volcánico basáltico del Mioceno; posteriormente, durante la segunda fase del San Juan, fueron cubiertos con depósitos de pómez y pumicitas (Demant, A., 1979).

La unidad se localiza en el centro y noreste de la zona en estudio y cubre unas 6,139 ha, representa el 23.4% del área; la altitud varía entre 980 y 2240 msnm. En ella, está representada la mayor diversidad climática de la región en estudio, presenta condición semicálida subhúmeda, al este, oeste y noreste; y templada, en la porción de mayor altitud de la Sierra.

Por pendiente y disección, estas laderas se clasificaron en dos subpaisajes, sobre los cuales, se identificaron 2 asociaciones de suelos.

A21. Laderas con pendiente entre 15 y 40%. Este subpaisaje se ubica en las laderas del San Juan y Cerro Alto, es producto de depósitos de pómez y pumicitas sobre las coladas de andesitas, que en la actualidad, denotan una alta disección del relieve, producto de la pendiente, la cantidad precipitación, el espesor del depósito y suceptibilidad del material a la erosión.

Esta unidad también incluye superficies de menor pendiente (7-12%) residuales en varios de los casos (La Noria y algunas cimas de coladas del volcán San Juan), y coluvio-residuales en otros, Mesa del Potrero y algunas superficies de captación de materiales en laderas de Cerro Alto.

Este subpaisaje cubre una superficie de 3,477 ha y representa el 13.25% del total de la zona en estudio. Se ubicó una asociación de suelos compuesta por los Conjuntos Camino Ochrepts, Antenas Fulvudands y Reseco Udorthents. El Conjunto Antenas se identificó en las cimas de laderas forestadas y en los pequeños valles intramontanos; el conjunto Reseco, en laderas muy disecadas y el Conjunto Camino sobre superficies de nivelación cultivadas con caña y aguacate. En este último conjunto se localizó el perfil 17, descrito a continuación:

En la génesis de este perfil domina la acumulación de pómez y pumicitas mezcladas con fragmentos andesíticos pequeños; al intemperizarse las pómez y pumicitas dan lugar a un horizonte B cámbico incipiente; por otro lado, la acumulación de material orgánico de hojas de pinos, anteriores al uso actual, y los residuos recientes de caña de azúcar, junto con el material pumítico parcialmente descompuesto, pardifican el horizonte A ócrico por profundidad.

Por lo anterior, el perfil presentan un horizonte A ócrico sobre un horizonte B cámbico con alta proporción de fragmentos de andesitas pequeñas a grandes, angulares, junto con fragmentos de pómez y pumicitas. Por el grado de desarrollo, la presencia de un horizonte ócrico y la morfología observada en campo, este perfil se clasificó tentativamente como Ochrepts.

Se cultiva con caña de azúcar, aguacate y guayaba; sin embargo, la mayor parte tiene bosque de pino y bosques mixtos de pino-encino y encino-mesófilo de montaña.

Perfil del Conjunto Camino Ochrepts

Perfil No. 17

Fotografía aérea No: 4-9-16

Vuelo: SARH 20-12-1986

Escala: 1:20,000

Clasificación taxonómica: Ochrepts

Fecha de descripción: septiembre 8 de 1993

Describió: I. Bojórquez y B. Mora.

Ubicación: Km 5.4 camino a las antenas, al este del poblado de Xalisco.

UTMx: 505779.00

UTMy: 2370974.00

Altitud: 1430 msnm.

Pendiente: 12-25 %

Posición fisiográfica: ladera inclinada

Vegetación: bosque de pino

Uso: forestal y cultivo de caña

Material parental: pómez, pumicitas y andesitas

Drenaje externo: normal

Drenaje interno: normal

Tipo de erosión: hídrica

Grado de erosión: fuerte

Influencia humana: media

Profundidad (cm)	Descripción
0-15 Ap	Negro (10YR 2/1), franco arenoso; bloques subangulares, finos, débiles; suelto, muy friable, poco adhesivo; raíces frecuentes, delgadas; muy permeable; abundantes fragmentos de pómez y pumicita, muy intemperizados.
15-50 BwC	Pardo (10YR 5/3), franco arenoso; bloques subangulares finos, débiles; blando, muy friable, poco adhesivo; raíces frecuentes, delgadas; permeable; muy pedregoso pequeños, angulares y subangulares; abundantes fragmentos de pómez y pumicitas, parcialmente intemperizados.
50-120 R	Depósito de pómez poco intemperizado.

A22. Laderas con pendiente superior a 40%. Se ubican en la porción superior de los derrames del Volcán San Juan y Cerro Alto; los depósitos de pómez y pumicitas se han transportado parcialmente. Presenta en general, drenaje de tipo radial y una densidad de disección media y profundidad alta.

Este subpaisaje cubre una superficie de 2,662 ha y representa el 10.14% de la zona en estudio. Presenta densidad de disección media y profundidad alta, con laderas de muy inclinadas hasta escarpadas.

Sobre esta unidad se encontró una asociación de suelos, representada por los Conjuntos Antenas Fulvudands y Reseco Udorthents. El Conjunto Antenas se localiza sobre laderas moderadamente inclinadas a empinadas y el Conjunto Reseco, en laderas escarpadas (Fotografía 6).

Se describe el perfil 16, representativo del Conjunto Antenas Hapludands. En este caso, el depósito de pómez y pumicitas se ha erosionado casi por completo, siendo las andesitas las que están determinando el desarrollo del perfil; presenta mayor acumulación de materia orgánica que los casos anteriores, debido a una mayor densidad forestal con árboles de pino y encino. El perfil muestra diferenciación de un horizonte B cámbico sobre el material andesítico limo arcilloso. Presenta vegetación de pino y bosque mixto de pino-encino.

El perfil se clasificó tentativamente como Fulvudands, por la morfología observada en el campo, el régimen de humedad del suelo y el gran aporte de material orgánico de pinos y encinos. Sin embargo, se requiere evidenciar químicamente las propiedades ándicas y el tipo de materia orgánica presente, para clasificarlo de manera definitiva.

Perfil de Conjunto Antenas Fulvudands

Perfil No. 16

Fotografía aérea No: 4.11.11

Vuelo: SARH 20-12-1986

Escala: 1:20,000

Clasificación taxonómica: Fulvudands

Fecha de descripción: septiembre 8 de 1993

Describió: I. Bojórquez y B. Mora.

Ubicación: Km 9 camino a las antenas, al oeste del poblado Xalisco.

UTMx: 502718.40

UTMy: 2372279.00

Altitud: 2020 msnm.

Pendiente: 55-80 %

Posición fisiográfica: ladera empinada

Vegetación: bosque de pino y bosque mixto de pino-encino

Uso: forestal

Material parental: andesitas y pumicitas

Drenaje externo: normal

Drenaje interno: normal

Tipo de erosión: hídrica

Grado de erosión: fuerte

Influencia humana: media

Profundidad (cm)		Descripción
0-10	A1	Negro (10YR 2/1), franco; bloques subangulares finos, débiles; blando, muy friable, no pegajoso y no plástico; raíces abundantes delgadas, gruesas; alta reacción al NaF; permeabilidad rápida; muy pedregoso, pequeñas a grandes, angulares.
10-25	A12	Gris muy oscuro (10YR 3/1), migajón arenoso; bloques subangulares finos, débiles y moderados; blando, friable, muy ligeramente plástico y adhesivo; raíces abundantes, delgadas a gruesas; alta reacción al NaF; permeabilidad rápida; muy pedregoso pequeñas a grandes, angulares.
25-45	BwC	Pardo oscuro (10YR 3/3), migajón arcillo arenoso; bloques subangulares finos y medios, moderados; ligeramente duro, friable, ligeramente adhesivo; raíces abundantes, delgadas a gruesas; alta reacción al NaF; permeabilidad moderada; muy pedregoso, pequeñas a grandes, angulares.
45-80	C	Gris claro pardusco (10YR 6/2), migajón arcillo arenoso; bloques subangulares, medios, moderados; ligeramente duro, friable, ligeramente adhesivo; raíces abundantes, delgadas a medias; permeabilidad lenta; muy pedregoso, pequeñas a grandes, angulares.

A3. Superficies de nivelación con depósitos de pómez, pumicitas y cenizas volcánicas (terrazas erosivas).

Este paisaje es producto de depósitos mayores de pómez, pumicitas y cenizas volcánicas, sobre anteriores superficies de nivelación y laderas con escasa inclinación. Esto ocurre durante la segunda etapa del Volcán San Juan, el cual emitió en erupciones de tipo pliniano, grandes volúmenes de material pumítico y cenizas volcánicas andesíticas.

Fotografía 7. Cerro Alto, paisaje de la unidad de mapeo A22.

Los procesos erosivos, han actuado sobre estos depósitos, disecándolos de manera notoria y formando superficies de nivelación en forma de abanicos-terracea y abanicos-mesa.

Este paisaje cubre 3,316 ha, esto es, el 12.6% del área en estudio, se distribuye al norte y noreste, la altitud varía entre 980 y 1400 msnm. Presenta una condición climática semicálida subhúmeda.

Esta unidad se caracteriza por presentar superficies en forma de mesas o de cimas amplias a muy amplias con diferente inclinación, y por los barrancos que la han disecado. Así, se delinearon 4 subpaisajes, en los cuales, se ubicaron 3 asociaciones y una consociación.

A31. Terrazas con pendiente entre 3 y 7%. Se identifica por las cimas muy amplias, ubicadas en la porción superior de los abanico-terraceas; localmente se identifican por las mesas Los Soquites, De la Rosa y El Tecolote.

Esta unidad cubre una superficie de 163 hectáreas, esto es, el 0.63% de la zona en estudio, se identificó una asociación de suelos representada por los Conjuntos Polvoso Hapludands, Rosa Udalfs y Tecolote Ochrepts (Fotografías 7 y 8).

El Conjunto polvoso se localiza en la mesa Los Soquites, el Rosa, en la mesa De la Rosa y el Tecolote en la mesa del mismo nombre. A continuación se describe el perfil 10, representativo del Conjunto Polvoso Hapludands.

El depósito de pómez, la pendiente y las condiciones de humedad, están determinando la génesis del perfil del suelo, el cual presenta un horizonte A de 15/18 cm de material suelto, de color pardo muy oscuro en húmedo (10YR 3/1) y pardo oscuro en seco (10YR 4/3); seguido por un horizonte A12 de 21/24 cm, de color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo en seco (10YR 5/3); éstos descansan sobre un horizonte B cámbico de 32 cm, de color pardo oscuro en húmedo (10YR 4/3) y pardo amarillento claro en seco (10YR 6/4). Le sigue el horizonte C de 15 cm, de color pardo amarillento en húmedo (10YR 5/4) y pardo muy pálido en seco (10YR 7/3); sobre el depósito de pómez, de color pardo muy pálido en húmedo (10YR 7/3) y blanco en seco (10YR 8/2). Ver fotografía 7.

Este perfil se clasificó tentativamente como Hapludands, debido a la morfología observada en el campo y al régimen de humedad del suelo. Sin embargo, se requiere evidenciar químicamente las propiedades ándicas para clasificarlo de manera definitiva.

Estos suelos están cultivados con caña de azúcar. Se encontraron fundamentalmente tres variedades: Mex 54-81, Mex 57-473 y L 60-14. En muchos de los casos, bajo un sistema de laboreo mínimo, y en otros, mecanizado.

Perfil del Conjunto Polvoso Hapludands

Perfil No. 10

Fotografía aérea No: 4.10.16

Vuelo: SARH 20-12-1986

Escala: 1:20,000

Clasificación taxonómica: Hapludands

Fecha de descripción: mayo 17 de 1993

Describió: I. Bojórquez y J. López

Ubicación: Mesa Los Soquites, al suroeste del poblado de Xalisco.

UTMx: 507134.30

UTMy: 2368683.00

Altitud: 1300 msnm.

Pendiente: 3-7 %

Posición fisiográfica: cima muy amplia de abanico-terrazza

Vegetación natural: bosque de pino

Uso: cultivo de caña de azúcar
 Material parental: pómez y pumicitas
 Drenaje externo: normal
 Drenaje interno: normal
 Tipo de erosión: hídrica
 Grado de erosión: leve
 Influencia humana: alta

Profundidad (cm)		Descripción
0-15/18	Ap	Gris muy oscuro (10YR 3/1), migajón arenoso; bloques subangulares, finos, débiles; suelta, muy friable, no plástico, no pegajoso; muy poroso; raíces abundantes, delgadas; con moderada reacción al NaF; permeabilidad rápida.
15/18-39	A12	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), migajón arenoso; bloques subangulares, finos y medios, débiles y moderados; blando, friable, no plástico, no adhesivo; poros regulares finos; raíces abundantes finas y delgadas; muy alta reacción al NaF; permeabilidad rápida.
39-59	Bw1	Pardo oscuro (10YR 4/3), franco arcillo arenoso, bloques subangulares finos, débiles y moderados; blando, muy friable, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; poros regulares, finos y medios; raíces abundantes finas y delgadas; permeabilidad rápida; presenta fragmentos de pumita finos muy intemperizados, tiene alta reacción al NaF.
59-71	Bw2	Pardo oscuro (10YR 4/3), migajón arcillo arenoso; bloques subangulares finos, débiles y moderados; blando, muy friable, poco plástico y ligeramente adhesivo; poros abundantes, finos y medios; raíces abundantes, finas; alta reacción al NaF; permeabilidad rápida, presencia de crotovinas y de fragmentos gruesos de pómez y muy intemperizados.
71-86	C	Pardo amarillento (10YR 5/4), migajón arenoso; bloques subangulares finos, débiles; blando, muy friable, no plástico, no adhesivo; poros abundantes y finos, raíces abundantes, finas y delgadas; alta reacción al NaF; permeabilidad rápida, presenta alta proporción de fragmentos de pómez muy intemperizados.
86-125	R	Depósito de pómez, pardo muy pálido (10YR 7/3), poco intemperizado con migración de materia orgánica.

Fotografia 7. Perfil 10

Hapludands

Fotografia 8. Perfil 9.
Ochrepts

A32. Terrazas con pendiente entre 7 y 12%. Se trata de cimas amplias, localizadas en la parte media de los abanicos-terrazza, cubren una superficie de 538 hectáreas y representan el 2.06% de la reserva. Se ubicó una asociación de suelos compuesta por los Conjuntos Huerta Ochrepts, Indio Haplumbrepts y Alcantarilla Hapludands (Fotografías 9 y 10).

A continuación se describe el perfil 7, el cual, representa al Conjunto Huerta Ochrepts. El perfil presenta un horizonte A de 13 cm de espesor, pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo grisáceo en seco (10YR 5/2); y un horizonte A12 de 23 cm, pardo oscuro amarillento en húmedo (10YR 3/4) y pardo pálido en seco (10YR 6/3); seguido por un horizonte B cámbico de 20 cm de espesor, pardo oscuro en húmedo ((10YR 4/3) y gris claro pardusco en seco (10YR 6/2). En los siguientes 11 cm, se presenta el C, pardo oscuro amarillento en húmedo (10YR 3/4) y pardo pálido en seco (10YR 6/3).

Los suelos se han clasificado tentativamente como Ochrepts, debido al grado de desarrollo del perfil y la presencia de un horizonte A ócrico sobre un B cámbico. Sin embargo, se requieren evidencias químicas para separarlo de los Andisoles y para clasificarlo definitivamente a nivel de subgrupo.

En esta caso está cultivado con aguacate; sin embargo, en la mayor parte de esta unidad se cultiva caña de azúcar.

Perfil del Conjunto Huerta Ochrepts

Perfil No. 7

Fotografía aérea No: 4.10.17

Vuelo: SARH 20-12-1986

Escala: 1:20,000

Clasificación taxonómica: Ochrepts

Fecha de descripción: marzo 12 de 1992

Describió: I. Bojórquez y J. López

Ubicación: Km. 2 camino a Malinal, al suroeste de Xalisco.

UTMx: 507454.90

UTMy: 2370032.00

Altitud: 1220 msnm.

Pendiente: 7-12 %

Posición fisiográfica: cima amplia de abanico-terrazza

Vegetación: secundaria

so: aguacate y caña de azúcar

Material parental: pómez y pumicitas

Drenaje externo: normal

Drenaje interno: normal

Tipo de erosión: hídrica

Grado de erosión: moderada
Influencia humana: alta

Profundidad (cm)	Descripción
0-13 Ap	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), franco; bloques subangulares finos, débiles; blando, muy friable, no plástico, no adhesivo; poros pocos y delgados; raíces abundantes, medias y gruesas; muy permeable.
13-36 A12	Pardo oscuro amarillento (10YR 3/4), areno limoso; bloques subangulares medios, moderados; blando, friable, no plástico y no adhesivo; poros frecuentes, finos; raíces frecuentes, delgadas y gruesas; muy permeable.
36-56 Bw	Pardo oscuro (10YR 4/3), arenoso; bloques subangulares finos, moderados; ligeramente duro, firme, no plástico, no adhesivo; poros abundantes finos y medios; raíces pocas y finas; permeabilidad moderada.
56-67 C	Pardo oscuro amarillento (10YR 3/4), arenoso; bloques subangulares finos, débiles; suelto, muy friable, no plástico, no adhesivo; poros frecuentes, finos; raíces pocas y finas; permeabilidad moderada.
67-180 R	Depósito de pómez y pumicitas poco intemperizado.

A33. Terrazas con pendiente entre 12 y 25%. Esta unidad cubre una superficie de 59 hectáreas, representa sólo el 0.23% de la zona en estudio. Se localiza en la porción terminal de los abanicos-terracea, sobre cimas subredondeadas. Se ubicó una consociación representada por el Conjunto Cordoncillos Udorthents (Fotografía 11).

En esta parte final del abanico los procesos erosivos iniciaron el retrabajado de la unidad, manifestándose en laderas de mayor inclinación y más disecadas que en los casos anteriores, por dos procesos principales: la erosión laminar de los depósitos, ayudado por el uso agrícola con especies de temporal, y la erosión remontante sobre los taludes de los barrancos; originando laderas fuertemente inclinadas y un perfil del suelo con muy poco desarrollo. A continuación se describe el perfil 6 que respresenta esta unidad.

En la morfología del perfil aparece un horizonte A de 8 cm espesor, de color negro en húmedo (2.5YR 2/0) y gris muy oscuro en seco (10YR 3/1), este color oscuro es producto de la incorporación de cenizas por la quema de caña de azúcar; seguido por un horizonte A12 de 15 cm de espesor, de color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo grisáceo en seco (10YR 5/2); éstos descansan sobre un horizonte C de 17 cm de espesor, de color pardo

Fotografia 9. Perfil 3
Hapludands

Fotografia 10. Perfil 1
Hapludands

amarillento claro en húmedo (10YR 4/4) y pardo amarillento claro en seco (10YR 6/4). Le sigue el depósito de pómez poco intemperizado (ver fotografía 13).

El perfil se ha clasificado tentativamente como Udorthents, debido al escaso desarrollo del perfil y al régimen de humedad del suelo. Estos suelos están cultivados, en su mayor parte, con caña de azúcar, y en menor proporción, con aguacate y especies anuales.

Perfil del Conjunto Cordoncillos Udorthents

Perfil No. 6

Fotografía aérea No: 4.10.18

Vuelo: SARH 20-12-1986

Escala: 1:20,000

Clasificación taxonómica: Udorthents

Fecha de descripción: marzo 9 de 1993

Describió: I. Bojórquez y B. Mora

Ubicación: 1.5 km al oeste de Xalisco.

UTMx: 508449.80

UTMy: 2372129.00

Altitud: 1140 msnm.

Pendiente: 12-25 %

Posición fisiográfica: cima subredondeada de abanico-terrazza

Vegetación: secundaria

Uso: cultivo de caña de azúcar

Material parental: pómez y pumicitas

Drenaje externo: normal

Drenaje interno: normal

Tipo de erosión: hídrica

Grado de erosión: severa

Influencia humana: alta

Profundidad (cm)	Descripción
0-8 Ap	Negro (2.5YR 2/0), limoso; bloques subangulares finos, débiles; blando, muy friable, no plastico, no adhesivo; muy poroso; raíces abundantes, finas y delgadas; baja reacción al NaF; permeabilidad muy rápida; tiene abundantes fragmentos de pómez y pumicitas parcialmente intemperizados. Es producto de la acumulación de cenizas de la quema de la caña de azúcar.

- 8-23 A12 Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), areno limoso; bloques subangulares finos, débiles; blando, muy friable, no plástico, no adhesivo; muy poroso, raíces abundantes, finas y delgadas; alta reacción al NaF; permeabilidad muy rápida; presenta alta proporción de fragmentos de pómez y pumicitas parcialmente intemperizados.
- 23-40 C Pardo amarillento claro (10YR 4/4), arenoso; presenta alta reacción al NaF; presenta muy alta proporción de fragmentos de pómez y pumicitas parcialmente intemperizada.
- 40-180 R Depósito de pómez y pumicitas poco intemperizados.

Fotografía 11. Perfil 6
Udorthents

A34. Taludes y fondo de barrancos. Este subpaisaje se compone por los barrancos que se presentan en los abanicos-terrazas. En el origen de los barrancos, domina la disección por procesos de erosión sobre el depósito de las pómez y pumicitas a través del tiempo. Dado que este material es muy inestable, por ser poroso y de bajo peso, es fácilmente arrastrado por el agua en forma laminar o bien a través de pequeñas cárcavas; después, se le suma un proceso más, la erosión remontante, la cual va desprendiendo el material en masa, dando como resultado los barrancos con taludes muy inclinados a escarpados, con escaso desarrollo de suelo; en el fondo de los barrancos, procesos de acumulación y de arrastre que permiten, un poco más, el desarrollo del suelo.

Cubre una superficie de 2,554 ha y representa el 9.74% de la reserva. Se encontró una asociación de suelos, representada por el Conjunto Reseco Udorthents y el Conjunto Húmedo Haplumbrepts. El primero sobre los taludes, y el segundo en el fondo de los barrancos (Fotografía 12).

A continuación se describe el perfil 12, el cual, es representativo de los taludes de barrancos; fue clasificado como Udorthents, debido a su escaso desarrollo y al régimen de humedad del suelo. (Fotografía 13).

El depósito de pómez y pumicitas, la pendiente, el aporte de cenizas producto de las quemas y los procesos constantes de erosión, están determinando la génesis del perfil del suelo, el cual presenta espesor desde 10 hasta unos 75 cm.

Este suelo de poco desarrollo juega un papel muy importante en la estabilidad de la unidad, ya que al quitarle o perturbar la cubierta de suelo, queda el material pumítico al descubierto y puede ser arrastrado más fácilmente.

La morfología del perfil muestra un horizonte A de 15 cm, de color negro en húmedo (10YR 2/1) y gris en seco (10YR 4/1); seguido por un horizonte A12 de 15 cm de espesor, de color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo grisáceo en seco; le continúa un horizonte C de 19/32 cm, pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo grisáceo en seco (10YR 4.5/2); a continuación se presenta con límite irregular el depósito de pómez, de color pardo amarillento en húmedo (10YR 5/4) y pardo muy pálido en seco (10YR 7/3).

Estos taludes, presentan en su mayoría vegetación secundaria, y comunmente están cultivadas con especies anuales (maíz y frijol) y en ocasiones con caña de azúcar.

Perfil del Conjunto Reseco Udorthents

Perfil No. 12

Fotografía aérea No: 4.10.16

Vuelo: SARH 20-12-1986
 Escala: 1:20,000
 Clasificación taxonómica: Udorthents
 Fecha de descripción: mayo 18 de 1993
 Describió: I. Bojórquez, J. López y B. Mora
 Ubicación: 4 km al suroeste del poblado de Xalisco.
 UTMx: 507761.40
 UTMy: 2368161.00
 Altitud: 1180 msnm.
 Pendiente: 25-55 %
 Posición fisiográfica: talud de abanicos-terrazas
 Vegetación: secundaria
 Uso: cultivo de maíz
 Material parental: pómez y pumicitas
 Drenaje externo: normal
 Drenaje interno: normal
 Tipo de erosión: hídrica
 Grado de erosión: alto
 Influencia humana: alta

Profundidad (cm)		Descripción
0-15	Ap	Negro (10YR 2/1), franco arenoso; los primeros 8 cm presentan abundante materia orgánica y sin estructura, el resto, con bloques subangulares finos, débiles; muy poroso; raíces abundantes finas y delgadas; permeabilidad muy rápida; tiene reacción moderada al NaF; y alta proporción de pumicita parcialmente intemperizada.
15-30	A12	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), arenoso; bloques subangulares finos, débiles; blando, muy friable, no pegajoso, no plástico; muy poroso; raíces frecuentes finas y delgadas; alta reacción al NaF; permeabilidad muy rápida; presenta alta proporción de pumicita parcialmente intemperizada.
30-49/62	C	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), arenoso; bloques subangulares finos, débiles; blando, muy friable, no pegajoso, no plástico; muy poroso, raíces comunes finas; alta reacción al NaF; permeabilidad muy rápida; la mayor parte de la matriz, se compone de fragmentos de pómez y pumicitas poco intemperizadas.
49/62-120	R	Depósito de pómez y pumicitas poco intemperizadas.

En el caso del fondo de los barrancos, se presentan como superficies deposicionales erosivas, las cuales están recibiendo estacionalmente aportes de material de las cimas y taludes de los abanicos, pero al mismo tiempo tienen una erosión hídrica intensa. Por lo que, el perfil del suelo muestra una mezcla de materiales finos y gruesos, los primeros, con el tiempo han logrado una migración a través del perfil y se presentan como un horizonte cámbico con escaso grado de acumulación de arcilla (Fotografía 22).

La morfología del perfil 11 muestra un horizonte A de 20 cm de espesor, pardo oscuro en húmedo (7.5YR 3/2) y pardo en seco (7.5YR 5/2); seguido por un horizonte A12 de 13 cm, pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo en seco (7.5YR 5/3). A continuación un horizonte B cámbico, en tres partes, con cierto grado de acumulación de arcilla; la primera, de 8 cm, pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo en seco (7.5YR 5/3); la segunda, de 16 cm, pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo en seco (7.5YR 5/3); y la tercera de 10 cm, pardo muy oscuro en húmedo (10YR 2/2) y pardo en seco (7.5YR 5/2). Este último, descansa sobre un suelo con horizonte A1b de 10 cm, color negro en húmedo (7.5YR 2/0) y gris oscuro en seco (10YR 4/1); seguido de un A12b de 16 cm, negro en húmedo (10YR 2/1) y pardo oscuro grisáceo en seco (10YR 4/2). Finalmente se encuentra el horizonte C1 de 27 cm, con pómez y pumicitas poco intemperizadas, pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo en seco (10YR 5/3).

El perfil se clasificó tentativamente como Haplumbrepts, debido a su característica de poco desarrollo y la morfología descrita en el campo. Sin embargo, se requieren evidencias químicas para separarlo de los andisoles y clasificarlo a nivel de subgrupo.

En la mayoría de los casos esta unidad está cultivada con caña de azúcar y a veces con frutales. Existen algunos barrancos que aún conservan elementos de vegetación natural, pinos, encinos y herbáceas.

Perfil del Conjunto Húmedo Haplumbrepts

Perfil No. 11

Fotografía aérea No: 4.10.16

Vuelo: SARH 20-12-1986

Escala: 1:20,000

Clasificación taxonómica: Haplumbrepts

Fecha de descripción: mayo 18 de 1993

Describió: I. Bojórquez, J. López y B. Mora

Ubicación: 4 km al suroeste del poblado de Xalisco.

UTMx: 507787.50

UTMy: 2368173.00

Altitud: 1175 msnm.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Posición fisiográfica: fondo de barrancos
 Vegetación: cultivos
 Uso: cultivo de caña de azúcar
 Material parental: pómez y pumicitas
 Drenaje externo: normal
 Drenaje interno: normal
 Tipo de erosión: hídrica
 Grado de erosión: moderado
 Influencia humana: alta

Profundidad (cm)		Descripción
0-20	Ap	Pardo oscuro (7.5YR 5/2), franco arenoso; bloques subangulares finos, débiles y moderados; blando, friable, ligeramente plástico y pegajoso; raíces abundantes, medias y finas; permeabilidad rápida; abundantes pómez y pumicitas.
20-33	A12	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), franco; bloques subangulares, finos y medios, débiles y moderados; ligeramente duro, firme, ligeramente plástico y pegajoso; raíces comunes, medias y delgadas; permeabilidad moderada; abundantes pómez y pumicitas.
33-41	Bw21	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), franco arcilloso; bloques subangulares, finos y medios, moderados; ligeramente duro, muy firme, ligeramente plástico y pegajoso, raíces comunes, medias y delgadas; permeabilidad moderada; abundantes pómez y pumicitas.
41-57	Bw22	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), franco arcilloso; bloques subangulares, finos, débiles y moderados; ligeramente duro, muy firme, ligeramente plástico y pegajoso; raíces comunes finas y delgadas; permeabilidad moderada; presencia de pedotubulos.
57-67	Bw23	Pardo muy oscuro (10YR 2/2), franco arcilloso; bloques subangulares finos, débiles y moderados; ligeramente duro, firme, ligeramente plástico y adhesivo; raíces comunes, finas y delgadas; fragmentos de pumita abundantes, pequeños y medios; permeabilidad moderada.
67-87	A1b	Negro (7.5YR 2/0), franco; bloques subangulares, medios, débiles; blando, friable, ligeramente plástico y adhesivo; raíces comunes, finas; fragmentos de pumita abundantes, pequeños y medios; permeabilidad moderada.

- 87-103 A12b Negro (10YR 2/1), franco; bloques subangulares, medios y moderados; ligeramente duro, friable, ligeramente plástico y adhesivo, raíces comunes, finas; permeabilidad rápida; alta proporción de pómez y pumicitas.
- 103-130 C Pardo grisáceo (10YR 3/2); raíces abundantes, finas y medias; presencia de pómez y pumicitas parcialmente intemperizadas.

Fotografía 12. Paisaje de la unidad de mapeo A34, el fondo del barranco está cultivado con caña de azúcar.

Fotografia 13. Perfil 12
Udorthents

Fotografia 14. Perfil 11
Haplumbrepts

A4. Coladas de basalto andesítico del Pleistoceno.

Este paisaje comprende los últimos dos eventos del Volcán San Juan, incluye un pequeño domo y un par de derrames, los cuales, cubrieron parcialmente los depósitos de pómez con rocas basalto-andesíticas.

La unidad se compone de superficies con pendiente entre 20 y 80%, cubre unas 1.709 ha, es decir, el 6.5% de la zona; se ubica en el centro y norte en el área en estudio, y presenta altitud entre 1080 y 2140 msnm. Presenta condiciones climáticas diversas, templada, entre los 1500 y 2120 m de altura, y semicálida subhúmeda, entre los 1080 a 1500 metros. Se ubicó una consociación representada por el Conjunto San Juan Fulvudands.

La génesis de este Conjunto muestra que por intemperismo del material parental se ha desarrollado un horizonte B cámbico entre las rocas basálticas. Por otra parte, debido a las condiciones de humedad y a una alta pedregosidad que caracteriza a esta unidad, ha desarrollado y conservado vegetación natural de bosque de encino-pino y bosque de encino, con elementos de bosque mesófilo de montaña en los barrancos, ésto permite que exista alta retención de humedad y la acumulación de materia orgánica en altas concentraciones, por lo que se presenta un horizonte A oscuro con elevado contenido de material orgánico, el cual, ha empardecido el horizonte B cámbico.

El perfil 15 representativo de esta unidad, presenta una capa de hojarasca mas o menos entera, de 5 cm, sobre un horizonte A1 de 18 cm de espesor, de color negro en húmedo y en seco (10YR 2/1), rico en materia orgánica. Le sigue un horizonte B1 cámbico de 42 cm, de color pardo oscuro en húmedo (10YR 4/3) y pardo claro amarillento en seco (10YR 6/4); seguido de un B2 cámbico de 40 cm de espesor, de color pardo oscuro amarillento en húmedo (10YR 4/4) y pardo amarillento claro en seco (10YR 6/4) ; todos ellos sobre y entre material volcánico de basalto andesítico. En general, presenta condiciones de alta retención de humedad.

Este perfil se clasificó tentativamente como Fulvudands, debido a la morfología observada en el campo, el régimen de humedad del suelo, la capacidad de retención de humedad a capacidad de campo (118%) y el gran aporte de material orgánico proveniente de los bosques de pino, encino y mesófilo de montaña. Sin embargo, se requiere evidenciar químicamente las propiedades ándicas y el composición de la materia orgánica para clasificarlo de manera definitiva.

Perfil del Conjunto San Juan Fulvudands

Perfil No. 15

Fotografía aérea No: 4-7-21

Vuelo: SARH 20-12-1986

Escala: 1:20,000

Clasificación taxonómica: Fulvudands

Fecha de descripción: septiembre 7 de 1993

Describió: I. Bojórquez y B. Mora

Ubicación: Km. 5.5 camino a El Cuarenteño, al suroeste de Tepic.

UTMx: 500973.30

UTMy: 2376337.00

Altitud: 1600 msnm.

Pendiente: 25-55 %

Posición fisiográfica: ladera fuertemente inclinada

Vegetación: bosque de encino y mesófilo de montaña

Uso: forestal

Material parental: basalto-andesítico

Drenaje externo: normal

Drenaje interno: normal

Tipo de erosión: hídrica

Grado de erosión: leve

Influencia humana: baja

Profundidad (cm)	Descripción
0-18 A1	Negro (10YR 2/1), franco; granular, finos y medios; blando, muy friable, no adhesivo, no plástico; muy poroso; raíces abundantes, de finas a gruesas; extremadamente pedregoso, muy grandes, angulares; permeabilidad muy rápida. Tiene una cubierta de unos 5 cm de espesor de material orgánico poco descompuesto.
18-60 Bw1	Pardo oscuro (10YR 4/3), arenoso; granular, finos y medios; blando, muy friable, no adhesivo, no plástico; muy poroso; raíces abundantes, de gruesas a finas; extremadamente pedregoso, muy grandes, angulares; permeabilidad rápida.
60-100 Bw2	Pardo oscuro amarillento (10YR 4/4), arenoso; granular, finos y medios; blando, muy friable, no adhesivo, no plástico; muy poroso; raíces abundantes, de gruesas a finas; extremadamente pedregoso, muy grandes, angulares; permeabilidad rápida.

B. UNIDAD DEPOSICIONAL

Este segundo gran paisaje de la zona en estudio, constituye superficies de acumulación de materiales, se dividió en dos paisajes: B1. Piedemonte coluvio-aluvial; y B2. Llanura aluvial, localmente denominada "Valle Matatipac" (Figuras 13 y 14) (ver anexo 2).

B1. Piedemonte coluvio-aluvial. La unidad, se compone por un piedemonte que rodea el sistema montañoso, y de porciones superiores de abanicos que suponen la salida de grandes cantidades de material; en la mayoría de los casos, presentan alta pedregosidad. Estos materiales son ampliamente usados para la construcción, por lo que, en estos sitios se localizan diversos bancos de materiales pétreos a cielo abierto.

Cubre una superficie de 674 hectáreas y representa el 4.05% del total de la zona en estudio. Se identificó sobre esta unidad una consociación representada por el Conjunto Minas Haplumbrepts pedregoso (Fotografía 15).

Morfológicamente el perfil (8) del suelo presenta un horizonte A de 20/30 cm de espesor, negro en húmedo ((10YR 2/1) y gris muy oscuro en seco (10YR 3/1); seguido por el horizonte C, amarillo pardusco en húmedo (10YR 6/6) y pardo muy pálido en seco (10YR 8/4); presenta una proporción muy alta de fragmentos de rocas de tamaño heterogéneo.

El perfil se clasificó tentativamente como Haplumbrepts, debido a su desarrollo incipiente sobre el material heterométrico no consolidado y a la morfología observada en el campo. Sin embargo requiere evidenciar químicamente, la presencia del horizonte úmbrico para clasificarlo de manera definitiva.

Esta unidad se utiliza en la extracción de materiales para la construcción, en algunas porciones se utiliza para cultivos anuales y la mayor parte tiene vegetación secundaria.

Perfil del Conjunto Minas Haplumbrepts pedregoso

Perfil No. 8
Fotografía aérea No: 4.10.22
Vuelo: SARH 20-12-1986
Escala: 1:20,000
Clasificación taxonómica: Haplumbrepts
Fecha de descripción: mayo 16 de 1993
Describió: I. Bojórquez, J. López
Ubicación: 100 m al oeste de Tepic.
UTMx: 508071.80
UTMy: 2378125.00

Altitud: 1050 msnm.
 Pendiente: 12-25 %
 Posición fisiográfica: piedemonte coluvio-aluvial
 Vegetación: secundaria
 Uso: minero y agrícola
 Material parental: depósito heterométrico andesítico no consolidado.
 Drenaje externo: normal
 Drenaje interno: normal
 Tipo de erosión: hídrica
 Grado de erosión: moderado
 Influencia humana: alta

Profundidad (cm)		Descripción
0-20/30	A1	Negro (10YR 2/1), franco arenoso; bloques subangulares finos, débiles, moderados; blando, friable, no adhesivo, no plástico; raíces abundantes, gruesas y medias; muy pedregoso, medias a muy grandes; permeabilidad rápida; con limite irregular y alto contenido de materia orgánica.
30-200	C	Depósito de vertiente heterométrico y heterogeneo, amarillo pardusco (10YR 6/6), arenoso; raíces abundantes gruesas y medias; muy pedregoso, de pequeñas a muy grandes; permeabilidad rápida.

Fotografía 15. Perfil 8
Haplumbrepts

B2. Llanura aluvial. La génesis de este paisaje está dominada por la acumulación aluvial de sedimentos provenientes de la Sierra de San Juan. Se trata de pequeñas porciones de una importante planicie aluvial, ubicada al este y sureste de las ciudades de Xalisco y Tepic, localmente denominada "Valle Matatipac".

Esta unidad presenta escasa pendiente y ubre una superficie de 1,063 ha, alrededor del 4.05% de la zona en estudio. Se localizó en este paisaje el Conjunto Xalisco Haplumbrepts.

Morfológicamente el suelo presenta un horizonte A de 30 cm de espesor, pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo grisáceo en seco (10YR 5/2); seguido por un horizonte BwC de 30 cm, pardo grisáceo en húmedo (10YR 3/2) y pardo en seco (10YR 5/3). Finalmente se presenta el depósito de pómez y pumicitas, pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2) y pardo grisáceo en seco (10YR 5/2).

Este conjunto se clasificó tentativamente como Haplumbrepts, debido a su desarrollo incipiente y a la morfología descrita en el campo. Sin embargo, se requieren evidencias químicas para lasificar el epipedón de manera definitiva. La diferencia al Conjunto anterior, es que esta unidad tiene escasa pendiente y no presenta pedregosidad. El uso del suelo predominante es el urbano y agrícola (cultivo de caña de azúcar y aguacate).

Perfil del Conjunto Xalisco Haplumbrepts

Perfil No. 24

Fotografía aérea No: 4-11-15

Vuelo: SARH 20-12-1986

Escala: 1:20,000

Clasificación taxonómica: Haplumbrepts

Fecha de descripción: 1983

Describió: C. García (Estudio Edafológico del Valle Matatipac).

Ubicación: 300 metros al sur de Xalisco

UTMx: 510440.00

UTMy: 2370180.00

Altitud: 975 msnm.

Posición fisiográfica: planicie aluvial

Pendiente: 0-3%

Vegetación: cultivos

Uso: zona urbana, caña de azúcar y aguacate

Material parental: pómez y material aluvial

Drenaje externo: normal

Drenaje interno: normal

Tipo de erosión: hídrica

Grado de erosión: muy leve
Influencia humana: alta

Profundidad (cm)		Descripción
0-30	Ap	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), franco; bloques subangulares finos, débiles, moderados; blando, muy friable, ligeramente plástico y adhesivo; raíces abundantes, finas; permeabilidad moderada.
30-60	BwC	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), franco arenoso; bloques subangulares finos, débiles, moderados; blando, muy friable, no adherente, no plástico; raíces pocas, finas; piedras abundantes, angulares, de tamaño de grava; permeabilidad rápida.
60-180	R	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); raíces escasas, muy finas; alta permeabilidad. Depósito no consolidado de pómez y pumicitas.

5.5. Interpretación del levantamiento de suelos

5.5.1. Clasificación por capacidad de uso de las tierras.

En el cuadro 15, se presentan los resultados de la clasificación por capacidad de uso de los terrenos de la reserva ecológica Sierra de San Juan, según el sistema propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y modificado por CETENAL (1970).

Las unidades de mapeo A13, A22, A4 y A21, excepto pequeñas superficies de nivelación en la unidad A21, presentan terrenos con clase quinta a la octava limitados por topografía, riesgo a la erosión y pedregosidad principalmente. Cubren una superficie aproximada de 14,602 ha y representan el 55.67% del total de la reserva. Su vocación es para pastizales con limitaciones, áreas de bosque y como refugio de vida silvestre. De acuerdo con sus limitaciones, se sugiere el siguiente manejo:

1. Favorecer la regeneración de la vegetación nativa o reforestar, con el fin de tener una mayor cubierta vegetal para reducir los escurrimientos y los procesos erosivos.
2. Realizar sistemas de terrazas y canales de desvío para reducir los escurrimientos, disminuir la erosión y propiciar el desarrollo eficiente de las especies vegetales adaptadas a la zona.

3. Favorecer el desarrollo de pastos nativos o establecer praderas, con el fin de cubrir el suelo y aprovecharlos en la ganadería.

4. Proteger los bosques de incendios forestales.

Las unidades A12, A33, A34, B1 y las pequeñas superficies de nivelación de la unidad A21, tienen terrenos con clase 3 a la 5, limitados por topografía, riesgo a la erosión, pedregosidad y acidez del suelo. Su vocación es para algunos cultivos adaptados con prácticas especiales de conservación y manejo de suelos; para pastizales, árboles y vida silvestre en los barrancos y laderas muy inclinadas. Cubren una superficie de 8,796 ha y representan el 33.53% de la zona en estudio. Ciertas porciones de estas unidades pueden usarse en la agricultura con las siguientes prácticas especiales de manejo.

1. Desarrollar cultivos que se adapten a estas condiciones, por ejemplo, plantaciones de árboles frutales.

2. Establecer surcados en contorno, sistemas de terrazas y canales de desvío, para reducir los escurrimientos superficiales y disminuir la erosión de los suelos.

3. Prácticas de cultivo con laboreo mínimo, para evitar mover el suelo y aumentar su riesgo a erosionarse.

4. Incorporar estiercolados y residuos de cosechas, a fin de preservar y mejorar la fertilidad y disminuir el efecto de las gotas de lluvia sobre las partículas del suelo.

5. Aplicar dosis y fertilizantes adecuados y realizar encalados.

Las unidades de mapeo A11, A31, A32 y B2 presentan terrenos de clase primera a la tercera, limitados por la topografía, el riesgo a la erosión y acidez en el suelo. Cubren una superficie de 2,833 ha y representan el 10.8% del total de la reserva. Su vocación es para la agricultura; en algunas veces, con prácticas de conservación y manejo de suelos, como las siguientes:

1. Desarrollar cultivos que se adapten a estas condiciones.

2. Establecer surcados en contorno, sistemas en terrazas y canales de desvío, si es necesario.

3. Incorporar estiercolados y residuos de cosecha.

4. Aplicar dosis y fertilizantes adecuados y realizar encalados.

Cuadro 17. Clasificación por capacidad de uso de las tierras de la reserva ecológica Sierra de San Juan. Según USDA, modificado por CETENAL (1970).

UNIDAD	C	I	E	T	S1	S2	S3	S4	CLASIFICACION	RECOMENDACION DE USO
A11	1	1	3	2-3	1	1	1	2-3	Terrenos de clase 2 y 3, con moderado riesgo a la erosión y ligeros problemas de acidez	Agricultura
A12	1	1	6	3-6	1	1	1	4-8	Terrenos de clase 3 a 6, con alto riesgo a la erosión y serios problemas de acidez.	Cultivos adaptados Pastizales Arboles y vida silvestre
A13	1	1	7	6-7	1	1	1	1	Terrenos de clase 6 y 7, con muy alto riesgo a la erosión.	Pastizal con limitaciones Arboles y vida silvestre
A21	1	1	4-6	3-7	1	1	2	1	Terrenos de clase 3 a 7, con alto riesgo a la erosión.	Pastizal con limitaciones Arboles y vida silvestre Cultivos adaptados
A22	1	1	7	7-8	1	1	2	1	Terrenos de clase 7 y 8, con muy alto riesgo a la erosión.	Pastizal con limitaciones Arboles y vida silvestre
A31	1	1	3	2-3	1	1	1	3	Terrenos de clase 2 y 3, con moderado riesgo a la erosión y moderados problemas de acidez.	Agricultura con prácticas especiales de manejo de suelos.
A32	1	1	6	3	1	1	2	3	Terrenos de clase 3, con alto riesgo a la erosión y moderados problemas de acidez.	Igual a la anterior
A33	1	1	7	4	1	1	1	8	Terrenos de clase 4, con muy alto riesgo a la erosión y serios problemas de acidez.	Igual a la anterior
A34	1	1	6-8	4-7	1	1	1-2	1-3	Terrenos de clase 4 a 7, con muy alto riesgo a la erosión.	Pastos y árboles con prácticas especiales de manejo Ciertos cultivos Arboles y vida silvestre
A4	1	1	5	5-7	1	1	8	1	Terrenos de clase 8 por pedregosidad superficial.	Arboles y ciertos cultivos
B1	1	1	4	4-5	1	1	6	1	Terrenos de clase 4 a 6 por pedregosidad superficial.	Agricultura
B2	1	1	2	1-2	1	1	1	3	Terrenos de clase 1 y 2, con moderados problemas de acidez.	Agricultura

C Disponibilidad de agua

I Inundaciones

E Riesgo a la erosión

T Topografía (pendiente)

S1 Profundidad efectiva

S2 Profundidad del manto freático

S3 Pedregosidad

S4 pH (acidez)

5.5.2. Evaluación de tierras para el cultivo de la caña de azúcar.

En el cuadro 16, aparecen los resultados de la evaluación de tierras por el sistema Beek (1978), para dos niveles de manejo y tres variedades de caña de azúcar, en la reserva ecológica Sierra de San Juan.

A continuación se describen los grados de calidad en cada unidad de mapeo de suelos.

A11 Esta unidad se caracteriza por tener suelos profundos con bajo a muy bajo riesgo a la erosión, en ambos niveles de manejo.

La disponibilidad de agua tiene calidad alta para la variedad Mex 54-81, media, para la Mex 57-473, y baja, para la L 60-14. Por temperatura presenta calidad media para el crecimiento de la caña y alta, para su maduración; por otra parte, satisface los requerimientos por altitud para las tres variedades evaluadas. No presenta limitaciones importantes para el uso de maquinaria.

Por lo anterior, se resume que estos terrenos presentan BUENA aptitud para el cultivo de las variedades Mex 54-81 y Mex 57-473, y aptitud REGULAR para la L 60-14, bajo los dos sistemas de manejo. Se sugieren las siguientes actividades:

1. Aplicar dosis y fertilizantes adecuados.
2. Realizar encalados ligeros.
3. Dar preferencia al cultivo de variedades con requerimientos de agua entre 1200 y 1400 mm.
4. Realizar surcados en contorno.

A12 En este caso se trata de suelos con profundidad media, con alto riesgo a la erosión en laderas y barrancos; en las terrazas, presentan riesgo alto cuando su manejo es mecanizado, y riesgo bajo cuando se practica el laboreo mínimo.

De acuerdo con la disponibilidad de agua existen buenas condiciones para el desarrollo de las variedades Mex 54-81 y Mex 57-473, y condiciones de calidad media para la L 60-14. Según los requerimientos de calor de la caña, esta unidad presenta calidad media durante la época de crecimiento del cultivo y calidad alta durante la maduración. La altitud es aceptable para las tres variedades evaluadas. Los terrenos presentan serias limitaciones para el uso de maquinaria, debido a la pendiente y el alto riesgo a la erosión.

Desde el punto de vista químico, los suelos de esta unidad presentan valores bajos de pH y niveles aceptables de materia orgánica y nitrógeno.

Por lo anterior, los terrenos ubicados en barrancos y laderas muy inclinadas se clasifican como NO APTOS; aquellos ubicados en las terrazas, como RESTRINGIDOS para un manejo mecanizado y REGULAR cuando se utiliza el laboreo mínimo. Se sugieren las siguientes actividades de manejo.

1. Dar preferencia al laboreo mínimo, para disminuir el riesgo a la erosión.
2. Aplicar dosis y fertilizantes adecuados.
3. Realizar encalados.
4. Dar preferencia al cultivo de variedades con requerimientos de agua entre 1200 y 1500 mm.
5. Realizar surcados en contorno, procurando no roturar las partes cercanas a las orillas de las terrazas, para evitar que se erosionen.
6. Establecer sistemas de terrazas y canales de desvío, para disminuir los escurrimientos superficiales y disminuir la erosión.
7. Modificar la época de cosecha de la caña, de diciembre a abril, para disminuir el riesgo a incendios forestales. Esto mediante la concertación entre productores, empresas azucareras y el gobierno estatal.

A13 En esta unidad predominan suelos delgados con muy alto riesgo a la erosión en barrancos, y moderadamente a alto riesgo en laderas, para ambos niveles de manejo del cultivo, mecanizado y laboreo mínimo.

Por esta razón, estos terrenos se consideran NO APTOS para el cultivo de la caña; salvo en laderas de poca inclinación y altitudes entre 980 y 1,200 msnm, tienen aptitud RESTRINGIDA.

A21 Esta unidad presenta laderas muy inclinadas y pequeñas superficies de nivelación. Los terrenos de las laderas muy inclinadas tienen alto riesgo a la erosión, con un sistema mecanizado, y nivel de riesgo bajo, con un sistema de laboreo mínimo. Los terrenos de las pequeñas superficies de nivelación, presentan moderado riesgo, en el sistema mecanizado y moderadamente bajo con el sistema de laboreo mínimo.

Los terrenos en laderas muy inclinadas, se consideran NO APTOS para el cultivo de caña de azúcar y los ubicados en pequeñas superficies de nivelación, se clasifican como REGULARES bajo un manejo de laboreo mínimo y RESTRINGIDOS para el uso de maquinaria.

Estos últimos terrenos, tienen suelos con profundidad media, la disponibilidad de agua indica cantidades aceptables para la variedad Mex 54-81 y medias para la Mex 57-473 y L 60-14. La temperatura, varía de cualidad baja a media, durante el período de crecimiento de la planta y cualidad media y alta en la época de maduración. Por altitud, se tienen mejores condiciones para la variedad L 60-14, seguido de la Mex 57-473 y Mex 54-81 con valores medios de cualidad. Debido al riesgo a la erosión presenta cualidad baja para el uso de maquinaria.

El análisis químico del perfil del suelo, indica valores aceptables de pH y bajos de materia orgánica y nitrógeno. Se consideran las siguientes prácticas de manejo.

1. Dar preferencia al laboreo mínimo, para disminuir el riesgo a la erosión.
2. Realizar surcados en contorno, procurando no roturar las partes cercanas a las orillas de las terrazas, para evitar que se erosionen.
3. Establecer sistemas de terrazas y canales de desvío, para disminuir los escurrimientos superficiales y la erosión.
4. Aplicar dosis y fertilizantes adecuados.
5. Dar preferencia al cultivo de la variedad L 60-14, seguido de la Mex 57-473.
6. Modificar la época de cosecha de la caña, de diciembre a abril, para disminuir el riesgo a incendios forestales.

A22 Los terrenos de esta unidad tienen muy alto riesgo a la erosión para el sistema mecanizado y alto riesgo, con el sistema de laboreo mínimo; razón por la cual, se considera NO APTA para el cultivo de caña de azúcar.

A31 En esta unidad predominan los suelos de profundidad media, con bajo riesgo a la erosión con laboreo mínimo y moderadamente bajo para el sistema mecanizado.

Presenta condiciones aceptables de precipitación, temperatura y altitud para las tres variedades evaluadas; con cualidad media para el uso de maquinaria. Desde el punto de vista químico, tiene valores bajos de pH y regulares de materia orgánica y nitrógeno.

Los terrenos de esta unidad son BUENOS cuando se cultivan bajo laboreo mínimo y REGULARES con sistema mecanizado. Se consideran las siguientes sugerencias de manejo.

1. Dar preferencia al laboreo mínimo, para disminuir el riesgo a la erosión.

2. Realizar surcados en contorno, procurando no roturar las partes cercanas a las orillas de las terrazas, para evitar que se erosionen.
3. Aplicar dosis y fertilizantes adecuados.
4. Realizar encalados.
5. Incorporar estiercoladuras y residuos de cosechas para mejorar las propiedades físicas y fertilidad del suelo.
6. Modificar la época de cosecha de la caña, de diciembre a abril, para disminuir el riesgo a incendios forestales.

A32 Estos terrenos tienen profundidad media, tienen de moderado a alto riesgo a la erosión con un sistema mecanizado y bajo a moderadamente bajo riesgo, cuando se maneja con laboreo mínimo.

Presenta condiciones aceptables de precipitación, temperatura y altitud para las tres variedades evaluadas. Tiene cualidad media para el uso de maquinaria. El análisis químico indica que esta unidad tiene valores bajos de pH y valores aceptables de materia orgánica y nitrógeno.

Se resume que estos terrenos tienen aptitud REGULAR cuando se cultivan bajo condiciones de manejo mecanizado, y BUENA con laboreo mínimo. Se sugieren las mismas medidas de conservación y manejo de suelos de la unidad anterior, además, establecer sistemas de terrazas y canales de desvío para disminuir los escurrimientos y la erosión del suelo.

A33 En este caso se trata de terrenos delgados a muy delgados, con alto riesgo a la erosión con laboreo mecanizado y moderadamente alto con laboreo mínimo.

Presenta condiciones aceptables de precipitación, temperatura y altitud para las tres variedades evaluadas. El uso de maquinaria está limitado por la pendiente del terreno y el alto riesgo a la erosión.

Desde el punto de vista químico, tienen valores muy bajos de pH y valores aceptables de materia orgánica y nitrógeno.

En resumen esta unidad presenta terrenos con aptitud REGULAR con el sistema de laboreo mínimo y RESTRINGIDA para el sistema mecanizado. Se sugieren las medidas de conservación y manejo siguientes:

1. Dar preferencia al laboreo mínimo, para disminuir el riesgo a la erosión.
2. Realizar surcados en contorno, procurando no roturar las partes cercanas a las orillas de las terrazas, para evitar que se erosionen.
3. Establecer sistemas de terrazas y canales de desvío para disminuir los escurrimientos y la erosión del suelo.
4. Aplicar dosis y fertilizantes adecuados.
5. Realizar encalados.
6. Incorporar estiercoladuras y residuos de cosechas para mejorar las propiedades físicas y fertilidad del suelo.
7. Modificar la época de cosecha de la caña, de diciembre a abril, para disminuir el riesgo a incendios forestales.

A34 Esta unidad se compone por taludes y fondos de barrancos. Los terrenos de taludes son poco profundos; por su alto riesgo a la erosión y la pendiente, se consideran NO APTOS para el cultivo de caña de azúcar. Los terrenos de fondos de barrancos, por su ubicación y superficie presentan aptitud RESTRINGIDA para el uso de maquinaria agrícola y BUENA bajo laboreo mínimo. Se sugieren las prácticas de conservación y de manejo recomendadas en la unidad anterior (A33).

A4 Por pedregosidad superficial, estos terrenos se consideran NO APTOS para el cultivo de la caña de azúcar; así como, por su moderado a alto riesgo a la erosión.

B1 En esta unidad se presentan suelos muy delgados, con serias limitantes de pedregosidad y moderado riesgo a la erosión; por lo que se consideran NO APTOS para el uso de maquinaria y REGULARES bajo condiciones de laboreo mínimo.

B2 Comprende terrenos de escasa pendiente, de profundidad media, con condiciones aceptables de temperatura, precipitación y altitud para las tres variedades evaluadas. No presenta limitantes para el uso de maquinaria.

Desde el punto de vista químico, tiene bajos valores de pH, también, niveles bajos de materia orgánica y nitrógeno.

Se consideran BUENOS para el cultivo de la caña de azúcar, bajo condiciones de manejo mecanizado y laboreo mínimo, con las siguientes sugerencias de manejo.

1. Aplicar dosis y fertilizantes adecuados.
2. Realizar encalados.
3. Incorporar estiercoladuras y residuos de cosechas.

Cuadro 19. Resumen de la clasificación USDA, modificada por CETENAL (1970).

CLASES	APTITUD	EXTENSION	
		Ha	%
5-8	Bosques y vida silvestre	14,602	55.67
4-5	Bosques y agricultura con prácticas especiales de manejo	8,796	33.53
1-3	Agricultura	2,833	10.80
	Total	26,231	100.00

Cuadro 20. Resumen de la clasificación de tierras para el cultivo de caña de azúcar, según Beek (1978).

UNIDAD DE MAPEO	LABOREO MECANIZADO	LABOREO MINIMO	EXTENSION	
			Ha	%
A13, A21, A22, A4	NO APTA	NO APTA	14,943	56.96
B1, A34	NO APTA	RESTRINGIDA	3,228	12.30
A12, A33	RESTRINGIDA	REGULAR	5,227	19.93
A31, A32	REGULAR	BUENA	700	2.67
A11, B2	BUENA	BUENA	2,133	8.14
		Total	26,231	100.00

VI. CONCLUSIONES

El levantamiento de suelos permitió detectar las clases de terrenos de la reserva ecológica Sierra de San Juan, identificar el patrón geográfico y la intensidad de la acidez de los suelos.

Se definieron 12 unidades de mapeo de suelos; 5 consociaciones y 7 asociaciones, clasificadas a nivel de subgrupos y nombradas como Conjuntos. Los suelos identificados, en orden de importancia son: Udorthents, Hapludands, Fulvudands, Ochrepts, Haplumbrepts y Udalfs.

El levantamiento general de suelos fue satisfactorio para evidenciar las principales características edáficas de los paisajes. La separación por morfología, pendiente y uso del suelo, fue también satisfactorio para identificar el patrón geográfico de los suelos en el levantamiento semidetallado de algunos paisajes.

El sistema de clasificación por capacidad de uso de las tierras permitió separar, en términos generales, la vocación de las unidades de mapeo de suelos de la reserva. Mientras, el sistema de evaluación de tierras propuesto por Beek (1978), nos indicó la calidad de los terrenos para cultivar determinadas variedades de caña de azúcar, así como, el tipo de manejo a seguir.

Las principales limitantes en la clasificación por capacidad de uso de los terrenos, en orden de importancia fueron: el riesgo a la erosión, la topografía, pedregosidad superficial y acidez del suelo.

El riesgo a la erosión es la característica de los terrenos que limitan en mayor grado el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar en la Sierra de San Juan.

En el caso de la disponibilidad de temperatura en la reserva para el crecimiento óptimo de la caña de azúcar, corresponde a una cualidad media, calificando a los terrenos como de segunda clase para este cultivo; sin embargo, se reúnen los requisitos para obtener rendimientos satisfactorios y económicamente rentables.

De acuerdo con las condiciones ecológicas prevaecientes en la zona en estudio, los terrenos presentan vocación forestal; sin embargo, dada la respuesta del medio al desarrollo de algunas especies cultivadas, ha permitido la sustitución de algunos paisajes por la agricultura.

La elaboración de bases de datos de suelos y de cartografía, permitirá en el futuro disponer de información básica para la planificación del territorio, la agricultura y la investigación, tendiente a resolver problemas concretos de producción en el campo.

Este trabajo proporciona elementos al gobierno Estatal para elaborar un plan de manejo de la reserva ecológica, de acuerdo con su vocación de uso, y con más detalle, el plan de manejo para las áreas agrícolas. También, permite a los ingenios azucareros planear el desarrollo y manejo del cultivo de la caña de azúcar dentro de la zona.

Como objetivo colateral, el trabajo proporciona las bases para realizar el ordenamiento del territorio y los estudios ecológicos de la vegetación; y con ello, proponer un plan de manejo integral para la reserva ecológica Sierra de San Juan.

VII. REFERENCIAS

- AGBU, A.P., D. FEHRENBACHER and I. JANSEN, 1990. Soil property relationships with SPOT satellite digital data in east central Illinois. Soil Science Society. Am. Journal 54:807-812.
- AGUILAR, O.S. et al., 1990. Sierra de San Juan, Reserva Ecológica Nayarit, Area protegida sin conservación?. Temas No. 4 Suplemento del periódico UNIVERSO. Tepic, Nayarit.
- BEEK, K.J., 1977. A framework for land evaluation. ILRI. Publication 22. Wageningen, The Netherlands.
- BEEK, K.J., 1978. Land evaluation for agricultural development. International Institute Land Reclamation and Improvement. USA.
- BLANCO, C.M., 1990. Marco geográfico de la reserva ecológica Sierra de San Juan, Nay. Memorias del XII Congreso Nacional de Geografía. Tepic, Nay. p 176-189.
- BLANCO, C.M., 1994. Vegetación de la Sierra de San Juan, Nayarit, México. UNAM. Tesis de Licenciatura (Biólogo). México, D.F. 87 pp.
- BOJORQUEZ, S.I., 1992. La caña de azúcar y la reserva ecológica Sierra de San Juan. El Nayar. Tepic, Nayarit.
- BOJORQUEZ, S.I. y M. BLANCO, 1991. La tenencia de la tierra y la conservación de la reserva ecológica Sierra de San Juan, Nayarit. Memorias del II Congreso Nacional de Geografía "Valentín Gómez Farías". Guadalajara, Jal.
- BOJORQUEZ, S.I. y J. LOPEZ, 1993. Zonificación del cultivo de la caña de azúcar en la reserva ecológica Sierra de San Juan, Nayarit. Resúmenes del XII Congreso Mexicano de Botánica. Mérida, Yuc.
- CETENAL, 1970. Modificaciones para México de la Clasificación de suelos FAO-UNESCO. México.
- CUANALO, H., 1990. Manual para la descripción de perfiles en el campo. 3a edición. C.P. Chapingo, México.
- DEMANT, A., 1979. Vulcanología y Petrografía del Sector Occidental del Eje Neovolcánico. UNAM, Inst. de Geología. Vol. 75, p.39-57. México.
- DETENAL, 1974 a. Carta topográfica. Escala 1:50,000, hojas: Tepic (F-13-D-21), Xalisco (F-13-D-31), San Blas (F-13-C-29) y Jalcocotán (F-13-C-39). México.
- DETENAL, 1974 b. Carta geológica. Escala 1:50,000, hojas: Tepic (F-13-D-21), Xalisco (F-13-D-31), San Blas (F-13-C-29) y Jalcocotán (F-13-C-39). México.
- DETENAL, 1974 c. Carta uso del suelo. Escala 1:50,000. Hojas Tepic (F-13-D-21), Xalisco (F-13-D-31), San Blas (F-13-C-29) y Jalcocotán (F-13-C-39). México.
- DETENAL, 1974 d. Carta edafológica, escala 1:50,000. Hojas: Tepic (F-13-D-21), Xalisco (F-13-D-31), San Blas (F-13-C-29) y Jalcocotán (F-13-C-39). México.
- DOMINGUEZ, J. y N. AGUILERA, s/f. Metodología de análisis físico-químicos de suelos. Fac. de Ciencias UNAM. México.
- DUDAL, R. 1968. Definition of soil units the Soil Map of the World. World Soil Resources. Report 33 FAO, Roma Italy.

- ELBERSEN, G.W., BENAVIDES y BOTERO, 1974. Metodología para levantamientos edafológicos (especificaciones y manual de procedimiento). CIAF. Bogotá, Colombia.
- ELEBERSEN, G.W., BENAVIDES Y BOTERO, 1986. Metodología para levantamientos edafológicos (especificaciones y manual de procedimiento). CIAF. Bogotá, C Colombia.
- ETCHEVERS et al., 1971. Interpretación de análisis químicos de suelos. Colegio de Posgraduados. México.
- FAO, 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio Riego y Drenaje 33.
- FAO, 1981. Agro-ecological zones project. Vol III. Methodology and results for Mexico, Central and South America. Roma.
- FAO-UNESCO, 1989. Mapa Mundial de Suelos. Leyenda Revisada. Roma.
- GANDROY, B.W., 1991. Manual de laboratorio para el manejo físico de los suelos. Serie Agronomía No.22. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 173 p.
- GARCIA, A., 1975. Manual de campo de caña de azúcar. CNIA. México.
- GARCIA, E., 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. México, D.F.
- GARCIA, E. y R. TREJO, 1990. Causas de precipitación en Nayarit. Memorias del XII Congreso Nacional de Geografía. Tepic, Nay. p 234-243.
- GARCIA, S.C., 1993. Estudio Edafológico del Valle Matatipac. Universidad Autónoma de Nayarit. Tesis de Licenciatura (Ingeniero Agrónomo). Nayarit, México.
- GASTIL, G. & KRÜMMENACHER, 1975. Reconnaissance geology of west-central Nayarit, México.
- GONZALEZ, F.R., 1983. Biodiversidad vegetal en la Sierra de San Juan, Nayarit. En: Primera Jornada de Investigación Científica. UAN. Tepic, Nay. p. 135-136.
- HERNANDEZ, L., 1991. Diagnóstico socioeconómico de la reserva ecológica Sierra de San Juan, Nayarit. (mimeografiado).
- HERNANDEZ, G., M. VILLEGAS, M. MAPLES y L. DELGADILLO, 1985. Aproximación paramétrica para la evaluación de la aptitud de las tierras. En: Anales de edafología y Agrobiología, t.43, nums. 5-6, p.735-753. Madrid, España.
- HERNANDEZ, G., S. CRAM, A. NOGUEZ, R. GUAJARDO Y I. SOMMER, 1990. Evaluación de la aptitud de los suelos para tres de los principales cultivos del municipio de Salamanca, Guanajuato. En: Contribuciones a la edafología mexicana. UNAM, Inst. de Geología. p.119-138. México.
- HUIZING, H., 1986. Land evaluation. Lecture notes for the N.11 specialisation. ITC.
- INEGI, 1980. Nayarit. Resultados definitivos. X censo general de población y vivienda. México.
- INEGI, 1990. Nayarit. Resultados definitivos. XI censo general de población y vivienda. México.
- JERGES, P.A., 1991. Explotación de pómez y pumicita, el impacto ecológico en la cuenca de México, Sollertia, Vol. 13, num.13. p 41-47. México.
- JIMENEZ, C. e I. BOJORQUEZ, 1991. Diagnóstico pecuario de la reserva ecológica Sierra de San Juan, Nayarit. (mimeografiado).

- LOPEZ, G.J., 1991. Levantamiento semidetallado de suelos de la cuenca baja del Río Pílon-Casillas, Nuevo León México. Facultad de Ciencias, UNAM (Tesis de Doctorado). México.
- LOPEZ-RAMOS, E. 1991. Carta Geológica del Estado de Nayarit, escala 1:500,000, UNAM Inst. de Geología, México D.F.
- LUHUR, J., 1978. Factors controlling the evolution of the prehistoric pyroclastic eruption of Volcan San Juan, México. Geological Society of America. Abstracts with Programs. Vol. 10. p 114.
- MARTINEZ, R. L. y J.J. SANDOVAL, 1993. Levantamiento taxonómico de suelos de la subcuenca de Cuzalapa Sierra de Manantlán, Jal. Terra Vol. II, Núm. 1, México. p. 3-11.
- MORAN, C.F. 1993. Estudio edafológico del área beneficiada con la presa derivadora "Mecatán". Universidad Autónoma de Nayarit. Tesis de Licenciatura (Ingeniero Agrónomo). Nayarit, México.
- ORTIZ, H. L., 1986. Manual de técnicas y procedimientos para análisis físico-químico de suelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Univ. Autónoma del Edo. de Morelos. México.
- ORTIZ S., C.A., 1982. Apuntes del curso de agrometeorología. Departamento de Suelos UACH. Chapingo, México.
- ORTIZ S., C.A., D. PAJARO y V.M. ORDAZ, 1990. Manual para la cartografía de tierras campesinas. Cuaderno de Edafología 15. CP. Montecillo, México.
- ORTIZ S., C.A. y H. CUANALO DE LA CERDA, 1978. Metodología del levantamiento fisiográfico (un sistema de clasificación de tierras), UACH. México.
- PARFITT, R.L. y A.D. WILSON, 1985. Estimation of allophane and halloysite in three sequences of volcanic soils, New Zealand. In: Fernández, C.E. y D.H. Yaalon, 1985. Volcanic soils. Catena Supplement 7. p 1-23. Germany.
- PARFITT, R.L. y B. CLAYDEN, 1991. Andisols - the development of new order in Soil Taxonomy. Geoderma 49. p 181-198.
- PURSEGLOVE, J.V. 1975. Tropical Crops Monocotyledons. Gran Bretaña.
- QUIÑONES, H., S. GONZALEZ y R. ALLENDE, 1973. Clasificación de tierras para uso potencial. CETENAL, 190 p. México.
- REA, R., 1991. Diagnóstico de la actividad minera en la reserva ecológica Sierra de San Juan su impacto ambiental. (mimeografiado).
- SARH, 1972. Instructivo para la determinación del clima de acuerdo con el segundo sistema de Thornthwhite. 28 p. México.
- SPAARGAREN, O.C. (Editor), 1994. World Reference Base for Soil Resources. ISSS-ISRIC-FAO. Wageningen/Roma. 161 pp.
- SOIL SURVEY STAFF, 1993. Soil Survey Manual. USDA Washington, D.C. USA. 437 p.
- SOIL SURVEY STAFF, 1994. Keys to Soil Taxonomy. USDA, 6a edition. USA. 306 p.
- TIGERINA, L. y C. ORTIZ, 1990. Manual de la metodología para evaluar la aptitud de las tierras para la producción de cultivos básicos en condiciones de temporal. Colegio de Posgraduados-SARH. México. 113 p.

ANEXO 1: ANALISIS CRITICO DEL LEVANTAMIENTO Y NECESIDADES DE INVESTIGACION.

La definición de unidades fisiográficas es satisfactoria para el nivel de trabajo propuesto; sin embargo, sería conveniente conocer más sobre el comportamiento del relieve anterior a los depósitos de pómez y pumicitas, para definir diferentes grados de estabilidad de los materiales.

En los criterios adoptados para la separación de unidades climáticas se dispone de muy pocos datos reales, por la carencia de estaciones climatológicas en el interior de la zona en estudio, de ahí que se deben considerar con reservas las unidades establecidas.

La clasificación taxonómica de los perfiles tiene un carácter preliminar, dado que se requieren diversas evidencias físicas y químicas para considerarla como definitiva.

Dentro de las cualidades de los terrenos, la disponibilidad de nutrientes en la evaluación para diferentes cultivos, incluyendo la caña de azúcar, es conveniente utilizar más datos, como por ejemplo, la capacidad de intercambio catiónico, los cationes intercambiables, el fósforo disponible y la retención de fosfatos.

El uso del Sistema de Información Geográfica ILWIS fué satisfactorio para la elaboración del banco de datos cartográfico de la zona; permitiendo hacer sobreposición de mapas para un posible ordenamiento del territorio.

NECESIDADES DE INVESTIGACION

1. Profundizar en el estudio de los procesos que originan los suelos de la reserva y detallar el estudio en las unidades con vocación agrícola, a nivel de familias.
2. Clasificar las tierras para todos los cultivos actualmente adaptados a la zona (café, aguacate, maíz, frijol, jitomate y plátano, principalmente). Así como para algunas especies con posibilidades de adaptación y que signifiquen mayor rentabilidad y menor riesgo a la erosión, respecto a los sistemas actuales.
3. Monitorear intensivamente los niveles de pH en algunas unidades de mapeo de suelos (A11, A12, A31, A32, A33, A34 y B2); y realizar experimentación con diferentes tratamientos para su corrección, por ejemplo, encalados e incorporación de materia orgánica).
4. Monitorear intensivamente los niveles de nitrógeno en el suelo y en la planta, en cada período de desarrollo del cultivo. Realizar experimentación con diferentes fertilizantes nitrogenados, cantidades de fertilizantes y evaluarlos por cada período de crecimiento y de maduración de la planta. También, realizar el mismo monitoreo y experimentación para los elementos fósforo y potasio.

ANEXO 2: LEYENDA FISIOGRAFICA-EDAFOLOGICA DE LA RESERVA ECOLOGICA SIERRA DE SAN JUAN, NAYARIT.

GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUBPAISAJE	UNIDAD DE MAPEO
A. Unidad de montaña volcánico denudativa	A1. Laderas con depósitos de pómez, pumicitas y cenizas volcánicas sobre coladas de basalto del Mioceno	A11. Laderas con pendiente inferior a 15%	Consociación
		A12. Laderas con pendiente entre 15 y 40%	Asociación
		A13. Laderas con pendiente superior a 40%	Asociación
	A2. Laderas con depósitos de pómez y pumicitas sobre coladas de andesitas	A21. Laderas con pendiente entre 15 y 40%	Asociación
		A22. Laderas con pendiente superior a 40%	Asociación
	A3. Superficies de nivelación, con depósitos de pómez pumicitas y cenizas volcánicas (terrazas erosivas)	A31. Terrazas con pendiente entre 3 y 7%	Asociación
		A32. Terrazas con pendiente entre 7 y 12%	Asociación
		A33. Terrazas con pendiente entre 12 y 25%	Consociación
		A34. Talud (mayor a 40%) y Fondo de barrancos (15 a 40%)	Asociación
	A4. Coladas de basalto andesítico del Pleistoceno		Consociación
	B. Unidad deposicional	B1. Piedemonte coluvio-aluvial	
B2. Llanura aluvial			Consociación

Continuación

UNI	CONJUNTO	UNIDADES TAXONOMICAS		EXTENSION	
		S. TAXONOMY (1994).	FAO-UNESCO (1989).	Ha	%
A 11	Zapata	Hapludands	Andosoles úmbricos	1,069	4.07
A 12	Tacote	Hapludands	Andosoles úmbricos	6,167	19.70
	Húmedo	Haplumbrepts	Cambisoles húmicos		
	Reseco	Udorthents	Regosoles dísticos		
A 13	Coatepec	Hapludands	Andosoles dísticos	7,096	27.05
	Reseco	Udorthents	Regosoles dísticos		
A 21	Antenas	Fulvudands	Andosoles úmbricos	3,477	13.25
	Camino	Ochrepts	Cambisoles dísticos		
	Reseco	Udorthents	Regosoles dísticos		
A 22	Antenas	Fulvudands	Andosoles úmbricos	2,662	10.14
	Reseco	Udorthents	Regosoles dísticos		
A 31	Polvoso	Hapludands	Andosoles úmbricos	163	0.63
	Rosa	Udalls	Luvisoles estágnicos		
	Tecolote	Ochrepts	Cambisoles dísticos		
A 32	Huerta	Ochrepts	Cambisoles dísticos	538	2.06
	Indio	Haplumbrepts	Cambisoles húmicos		
	Alcantarilla	Hapludands	Andosoles úmbricos		
A 33	Cordoncillos	Udorthents	Andosoles háplicos	59	0.23
A 34	Reseco	Udorthents	Regosoles dísticos	2,554	9.74
	Húmedo	Haplumbrepts	Regosoles éutricos		
A 4	San Juan	Fulvudands	Andosoles úmbricos	1,709	6.52
B 1	Minas	Haplumbrepts	Cambisoles húmicos	674	2.56
B 2	Xalisco	Haplumbrepts	Cambisoles húmicos	1,063	4.05

ANEXO 3

CONCENTRADO DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS

No	HORI- ZONTE	PROFUND. cm	COLOR SECO	COLOR HUMEDO	D.A. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	pH H ₂ O 1:2.5	pH KCl 1:2.5	M.O. %	C.O. %	N tot. %	HUMED % C.C
1	Ap	0-18	10YR 4/2	10YR 2/1	0.97	2.06	4.73	4.13	5.71	3.31	0.285	28.85
			Pardo grisáceo osc.	Negro								
	A12	18-29	10YR 4/2	10YR 2/1	1.00	2.50	4.88	4.02	4.92	2.85	0.246	26.92
			Pardo grisáceo osc.	Negro								
	C	29-55										
	R	55-180										
2	A1	0-5/8	10YR 4/2	10YR 2/1	0.81	1.71	6.55	5.77	6.72	3.89	0.336	
			Pardo grisáceo osc.	Negro								
	A12	5/8-16/20	10YR 5/2	10YR 2/2	0.99	2.24	6.48	5.30	4.59	2.66	0.229	
			Pardo grisáceo	Pardo muy oscuro								
	Bw	16/20-30/35	10YR 6/3	10YR 4/2	1.04	2.43	6.66	5.73	3.60	2.09	0.180	
			Pardo pálido	Pardo grisáceo osc.								
	C	30/35-73	10YR 7/4	10YR 5/4	1.04	2.31	6.85	6.02	3.24	1.88	0.162	
			Pardo muy pálido	Pardo amarillento								
	R	73-150										
3	Ap	0-20	10YR 4/3	10YR 2/2	1.13	2.49	5.09	4.19	4.80	2.78	0.240	
			Pardo oscuro	Pardo muy oscuro								
	A12	20-36	10YR 5/4	10YR 3/3	1.03	2.11	5.56	5.00	3.66	2.12	0.183	
			Pardo amarillento	Pardo oscuro								
	Bw	36-61	10YR 6/4	10YR 3/4	1.24	2.17	6.17	5.39	3.57	2.07	0.178	
			Pardo amarill. claro	Pardo osc. amarill.								
	C	61-73	10YR 7/4	10YR 5/4	1.00	2.36	6.61	5.86	3.57	2.07	0.178	
			Pardo muy pálido	Pardo amarillento								
	R	73-180										
4	Ap	0-16	10YR 4/2	10YR 2/1	1.12	2.70	5.05	4.26	4.80	2.78	0.240	
			Pardo grisáceo osc.	Negro								
	A12	16-41	10YR 5/3	10YR 4/3	1.08	2.45	6.05	5.32	3.79	2.20	0.189	
			Pardo	Pardo oscuro								
	Bw1	41-60	10YR 5/3	10YR 4/3	1.06	2.66	6.68	5.78	3.69	2.14	0.184	
			Pardo	Pardo oscuro								
	Bw2	60-81	10YR 6/4	10YR 4/3	1.08	2.66	6.80	5.95	3.50	2.03	0.175	
			Pardo amarill. claro	Pardo oscuro								
	C	81-98	10YR 6/3	10YR 4/3	1.08	2.64	7.23	6.12	3.32	1.92	0.166	
			Pardo pálido	Pardo oscuro								
	R	98-120	10YR 7/3	10YR 4/3	1.21	2.58	7.36	6.25				
			Pardo muy pálido	Pardo oscuro								

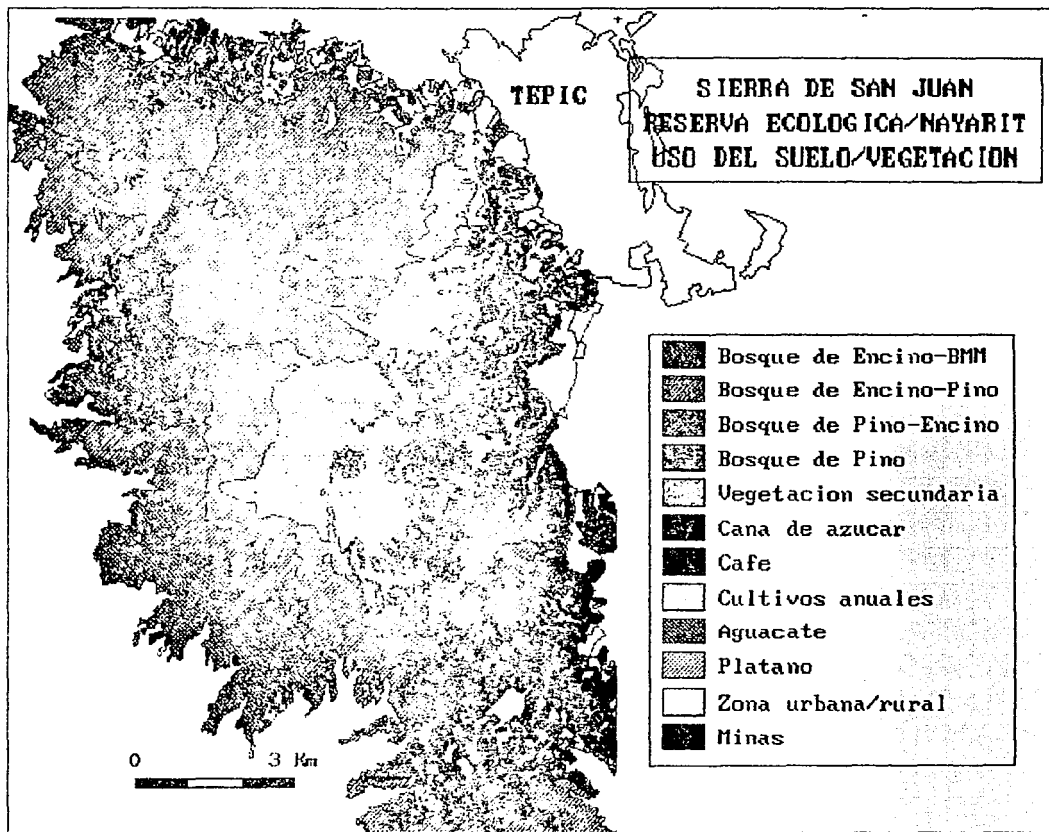
No. HORIZONTE	PROFUND. cm	COLOR SECO	COLOR HUMEDO	D.A. gr/cm3	D.R. gr/cm3	pH H2O 1:2.5	pH KCl 1:2.5	M.O. ‰	C.O. ‰	N tot. ‰	HUMED ‰ C.C
5 Ap	0-15	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 3/2 P. grisa. muy osc.	0.93	2.28	5.43	4.20	2.87	1.66	0.143	
A12	15-24/30	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 3/3 Pardo oscuro	1.08	2.34	5.52	4.26	0.95	0.55	0.047	
Bt1	24/30-42	10YR 4/2 Pardo grisáceo osc.	10YR 3/4 Pardo osc. amarill.	1.10	2.25	5.76	4.60	0.19	0.11	0.009	
Bt2	42-60	10YR 4/1 Gris oscuro	10YR 2/2 Pardo muy oscuro	0.97	2.38	5.67	4.87				
Bt3	60-81	10YR 7/1 Gris claro	10YR 4/2 Pardo grisáceo osc.	1.06	2.41	5.80					
C	81-120	10YR 7/1 Gris claro	10YR 6/2 Gris claro parduzco	1.15	2.72	5.95					
6 Ap	0-8	10YR 3/1 Gris muy oscuro	2.5YR2/0 Negro	0.68	1.18	4.62	3.95	8.04	4.66	0.402	50.22
A12	8-23	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 3/2 P. grisa. muy osc.	0.80	1.80	4.57	3.93	4.76	2.76	0.238	41.85
C	23-40	10YR 6/4 P. amarill. claro	10YR 4/4 P. amarill. claro	0.91	1.71	4.80	4.28	3.82	2.21	0.191	32.73
R	40-180										
7 Ap	0-13	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 3/2 P. grisa. muy osc.	0.95	2.51	5.64	5.62	8.67	5.03	0.433	
A12	13-36	10YR 6/3 Pardo pálido	10YR 3/4 Pardo osc. amarill.	0.96	2.24	5.50	4.73	4.10	2.37	0.205	
Bw	36-56	10YR 6/2 Gris claro pardusco	10YR 4/3 Pardo oscuro	1.14	2.39	5.91	4.64	3.32	1.92	0.166	
C	56-67	10YR 6/3 Pardo pálido	10YR 3/4 Pardo osc. amarill.	1.00	2.32	5.62	4.48				
R	67-180										
8 A1	0-20/30	10YR 3/1 Gris muy oscuro	10YR 2/1 Negro	0.81	1.96	6.77	5.61	4.14	2.40	0.207	48.33
C	20/30-200	10YR 8/4 Pardo muy pálido	10YR 6/6 Amarillo parduzco	0.83	1.87	6.75	4.88	3.69	2.14	0.184	
9 Ap	0-19	10YR 5/3 Pardo	10YR 4/2 Pardo osc. grisáceo	0.95		5.86	4.72				
A12	19-36	10YR 5/3 Pardo	10YR 4/2 Pardo osc. grisáceo	0.93		6.08	4.84				
Bw	36-57	10YR 5/3 Pardo	10YR 4/2 Pardo osc. grisáceo	0.90		6.29	4.92				
Ab	57-71	10YR 5/3 Pardo	10YR 4/2 Pardo osc. grisáceo	0.90		6.56	5.22				
Bb	71-100	10YR 5/3 Pardo	10YR 4/2 Pardo osc. grisáceo	0.97		6.33	5.27				
C	100-120	10YR 7/4 Pardo muy pálido	10YR 5/4 Pardo amarillento	0.81		6.81	5.21				

No. HORIZONTE	PROFUND. cm	COLOR SECO	COLOR HUMEDO	D.A. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	pH H ₂ O 1:2.5	pH KCl 1:2.5	M.O. †	C.O. †	N tot. †	HUMED † C.C
10 Ap	0-15/18	10YR 4/3 Pardo oscuro	10YR 3/1 Pardo muy oscuro	0.80	1.83	5.80	5.36	2.01	1.16	0.100	43.73
A12	15/18-39	10YR 5/3 Pardo	10YR 3/2 P. grisá. muy osc.	0.85	1.84	5.65	5.23	3.09	1.79	0.154	43.92
Bw1	39-59	10YR 6/4 Pardo amarill. claro	10YR 4/3 Pardo oscuro	0.96	2.15	5.50	4.81	1.29	0.74	0.064	42.10
Bw2	59-71	10YR 6/4 Pardo amarill. claro	10YR 4/3 Pardo oscuro	0.91	1.99	5.70	5.31	0.64	0.37	0.032	46.52
C	71-86	10YR 7/3 Pardo muy pálido	10YR 5/4 Pardo amarillento	0.97	2.14	5.59	4.52	0.21	0.12		37.13
R	86-125	10YR 8/2 Blanco	10YR 7/3 Pardo muy pálido	0.78	2.23	6.00	4.22	0.79	0.45		37.25
11 Ap	0-20	7.5YR5/2 Pardo	7.5YR3/2 Pardo oscuro	1.19	2.00	6.31	5.31	1.29	0.74	0.064	34.83
A12	20-33	7.5YR5/3 Pardo	10YR 3/2 P. grisá. muy osc.	1.29	2.09	6.05	4.90	1.21	0.70	0.060	26.67
Bw21	33-41	7.5YR5/3 Pardo	10YR 3/2 P. grisá. muy osc.	1.19	1.95	6.11	4.66	2.01	1.16	0.100	32.11
Bw22	41-57	7.5YR5/3 Pardo	10YR 3/2 P. grisá. muy osc.	1.15	2.06	6.01	4.75	1.65	0.95	0.080	43.42
Bw23	57-67	7.5YR5/2 Pardo	10YR 2/2 Pardo muy oscuro	1.20	2.03	5.97	4.66	0.86	0.49	0.043	33.15
A1b	67-87	10YR 4/1 Gris oscuro	7.5YR2/0 Negro	1.13	2.02	6.13	4.83	1.72	0.99	0.086	50.30
A12b	87-103	10YR 4/2 Pardo osc. grisáceo	10YR 2/1 Negro	1.11	2.13	6.14	4.83	1.87	1.08	0.093	37.34
C	103-130	10YR 5/3 Pardo	10YR 3/2 P. grisá. muy osc.	1.13	2.19	6.14	4.78	0.50	0.29	0.025	31.16
12 Ap	0-15	10YR 4/1 Gris	10YR 2/1 Negro	0.82	1.68	6.73	6.20	2.52	1.46	0.126	46.40
Bw	15-30	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 3/2 P. grisá. muy osc.	0.88	1.92	6.05	4.93	2.01	1.16	0.100	41.73
C	30-49/62	10YR4.5/2 Pardo grisáceo	10YR 3/2 P. grisá. muy osc.	0.91	2.13	5.40	4.60	2.73	1.58	0.136	45.33
R	49/62-120	10YR 7/3 Pardo muy pálido	10YR 5/4 Pardo amarillento	0.92	2.05	5.75	4.41	1.29	0.74	0.060	39.28
13 Ap	0-10	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 3/2 P. grisá. muy osc.	0.84	2.05	5.65	5.32	3.79	2.20	0.189	49.56
A12	10-19	10YR 5/3 Pardo	10YR 3/2 P. grisá. muy osc.	0.89	2.28	4.73	3.95	3.10	1.80	0.155	45.78
Bw	19-65	10YR 6/4 Pardo amarill. claro	10YR 4/4 Pardo osc. amarill.	0.85	2.00	6.62	5.30	0.96	0.56	0.048	50.63
C	65-88	10YR 7/3 Pardo muy pálido	10YR 5/6 Pardo amarillento	0.72	2.22	6.55	4.80				30.85
R	88-120	10YR 8/2 Blanco	10YR 7/2 Gris claro	0.85	2.23	6.94	4.61				38.93

No. HORIZONTE	PROFUND. cm	COLOR SECO	COLOR HUMEDO	D.A. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	pH H ₂ O 1:2.5	pH KCl 1:2.5	M.O. %	C.O. %	N tot. %	HUMED. % C.C.
14 Ap	0-13	10YR 4/1 Gris	10YR 2/1 Negro	0.81	2.23	6.06	4.30	4.83	2.80	0.241	49.71
A12	13-43	10YR 4/1 Gris	10YR 2/1 Negro	0.80	2.04	5.81	4.75	4.14	2.40	0.207	53.30
AB	43-68	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 3/3 Pardo oscuro	0.75	2.01	6.88	5.39	3.03	1.76	0.151	59.91
Bw1	68-90	10YR 5/3 Pardo	10YR 4/4 Pardo amarillento	0.72	1.80	6.97	5.61	2.89	1.68	0.144	64.65
Bw2	90-105	10YR 5/3 Pardo	10YR 5/3 Pardo	0.66	2.02	6.36	5.40	1.72	1.00	0.086	68.81
C	105-153	10YR 7/4 Pardo muy pálido	10YR 6/6 Amarillo pardusco	0.61	1.72	5.96	5.90				89.90
R	153-180	10YR 7/2 Gris claro	10YR 6/3 Pardo pálido	0.75	2.07	5.37	4.41				
15 A1	0-18	10YR 2/1 Negro	10YR 2/1 Negro	0.52	1.40	7.07	6.55	9.00	5.22	0.450	118.7
Bw1	18-60	10YR 6/4 Pardo amarill. claro	10YR 4/3 Pardo oscuro	0.87	1.95	6.70	6.36	3.79	2.20	0.189	49.45
Bw2	60-100	10YR 6/4 Pardo amarill. claro	10YR 4/4 Pardo osc. amarill.	0.88	1.72	6.62	6.05	2.89	1.68	0.144	56.54
16 A1	0-10	10YR 5/1 Gris	10YR 2/1 Negro	0.72	1.78	6.42	5.02	3.53	2.05	0.176	58.34
A12	10-25	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 3/1 Gris muy oscuro	0.80	2.05	6.72	5.12	3.51	2.04	0.175	47.85
BwC	25-45	10YR 7/1 Gris claro	10YR 3/3 Pardo oscuro	0.93	2.12	6.78	4.48	1.65	0.96	0.082	40.04
C	45-80	10YR 8/1 Blanco	10YR 6/2 Gris claro pardusco	0.94	2.22	6.41	4.48				
17 Ap	0-15	10YR 4/1 Gris	10YR 2/1 Negro	0.96	2.15	7.29	5.44	0.69	0.40	0.034	33.39
BwC	15-50	10YR 7/3 Pardo muy pálido	10YR 5/3 Pardo	1.21	2.23	7.08	4.96	0.55	0.32	0.027	22.86
R	50-150										
18 A1	0-20	10YR 6/4 Pardo amarill. claro	10YR 4/4 Pardo osc. amarill.	0.83	2.02	6.97	5.03	1.79	1.04	0.089	40.30
Bw	20-40	10YR 7/4 Pardo muy pálido	10YR 6/6 Amarillo pardusco	0.80	1.99	6.76	3.80	0.55	0.32	0.027	38.55
BwC	40-60	10YR 7/4 Pardo muy pálido	10YR 7/6 Amarillo	0.80	1.92	6.57	4.20				37.73
R	60-150	10YR 8/1 Blanco	10YR 8/1 Blanco	0.70	1.64						

No. HORIZONTE	PROFUND. cm	COLOR SECO	COLOR HUMEDO	D.A. gr/cm ³	D.R. gr/cm ³	pH H ₂ O	pH KCl	M.O. %	C.O. %	N tot. %	HUMED. % C.C.
19 Ap	0-20	10YR 3/2 P. grisac. muy osc.	10YR 2/1 Negro	0.72	1.89	6.11	5.40	5.34	3.10	0.267	54.25
A12	20-35	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 4/3 Pardo oscuro	0.78	1.94	6.12	5.60	4.20	2.44	0.210	47.49
AB	35-65	10YR 6/4 P. amarill. claro	10YR 6/4 P. amarill. claro	0.82	2.08	6.64	5.58				45.57
Bw	65-110	10YR 7/4 Pardo muy pálido	10YR 5/6 Pardo amarillento	0.83	2.09	6.32	5.48				46.60
BwC	110-150	10YR 7/4 Pardo muy pálido	10YR 5/4 Pardo amarillento	0.79	2.20	5.51	4.97				
R	150-180	10YR 7/3 Pardo muy pálido	10YR 7/6 Amarillo	0.75	2.22	5.53	4.90				
21 Ap	0-32	10YR 4/1 Gris	7.5YR2/0 Negro	0.85		4.40	3.95	5.38	3.12	0.269	
A12	32-62	10YR 4/1 Gris	10YR 2/1 Negro	0.79		6.50	5.06	5.38	3.12	0.269	
Bw1	62-110	10YR 5/1 Gris	10YR 3/2 P. grisac. muy osc.	0.80		6.85	4.66	2.89	1.68	0.144	
Bw2	110-150	10YR 5/1 Gris	10YR 3/2 P. grisac. muy osc.	0.80		6.40	4.68	1.65	0.96	0.082	
22 Ap	0-33	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 2/2 Pardo muy oscuro	0.84	2.22	6.41	5.55	2.24	1.30	0.112	36.98
BwC	33-60	10YR 6/3 Pardo pálido	10YR 4/4 Pardo osc. amarill.	0.95	2.02	5.10	4.31	0.60	0.35	0.030	35.72
23 Ap	0-18	10YR 5/3 Pardo	5YR2.5/2 Pardo muy oscuro	0.89	1.96	5.20	4.42	3.51	2.04	0.175	
Bw1	18-55	10YR 4/4 Pardo osc. amarill.	5YR 3/3 Pardo oscuro	0.80	2.24	6.60	5.17	3.58	2.08	0.179	
Bw2	55-100	10YR 5/3 Pardo	5YR 3/2 P. grisac. muy osc.	0.64	1.85	6.63	4.94				
24 Ap	0-30	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 3/2 P. grisac. muy osc.			5.40		1.93	1.11	0.096	
BwC	30-60	10YR 5/3 Pardo	10YR 3/2 P. grisac. muy osc.			6.20		0.68	0.39	0.034	
R	60-180	10YR 5/2 Pardo grisáceo	10YR 3/2 P. grisac. muy osc.			6.80		0.17	0.09	0.008	

Anexo 4. Mapa de uso del suelo y vegetación de la reserva ecológica Sierra de San Juan, Nay.



Anexo 5. Unidades de mapeo de suelos de la reserva ecológica Sierra de San Juan, Nay.

