

LEVANTAMIENTO DE SUELOS DE LA RESERVA ECOLÓGICA SIERRA DE SAN JUAN, NAYARIT, MÉXICO*

José Irán Bojórquez Serrano**
José López García***

Resumen

Se realizó un levantamiento de los suelos de la Reserva Ecológica Sierra de San Juan y se separaron las unidades de mapeo con el fin de determinar su vocación de uso de la zona y la aptitud de las tierras para el cultivo de la caña de azúcar. Por medio de fotointerpretación se relacionó la imagen fotográfica, la forma del relieve y el suelo resultante, lo que permitió separar 12 unidades de mapeo de suelos, de los cuales 5 son consociaciones y 7 asociaciones. Se clasificaron a nivel de gran grupo cuando fue posible, obteniéndose que la mayoría se distribuye en el Orden Andisol y Entisol, en menor escala Inceptisol y escasamente Alfisol.

Summary

A soil survey was carried out in the Ecological Reservation of San Juan and soils units were defined in order to establish their potential for sugar cane cultivation. Aerial photographs were used to define 12 soil mapping units based on landforms and the resulting soils; 5 of these were consociations and 7 were associations. They were classified in a level of great groups when possible, resulting that most of them were included in the Order Andisol and Entisol, few in Inceptisol and even fewer in Alfisol.

Introducción

La importancia de un levantamiento de suelos consiste en conocer las características y propiedades de los suelos para evaluar y predecir la aptitud y limitantes de los mismos, para el mejor uso y manejo. Proporciona información teórico-práctica útil en la forma más sencilla posible, de manera que pueda ser entendida y aplicada por los diferentes usuarios del suelo, desde un profesional en esta rama, hasta un agricultor (Elbersen *et al.*, 1986). También es fuente de información básica para la planeación y programación de actividades agroeconómicas de la región de que se trate.

* Recibido: 22 de febrero de 1995.

** Coordinación de Investigación Científica, Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura, "Amado Nervo", Tepic, Nayarit.

*** Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Apdo. Postal 20-850, 01000 México, D. F.

La Sierra de San Juan tradicionalmente ha sido objeto de aprovechamiento económico con base en actividades como la agricultura de cultivos anuales y perennes, explotación de los bosques, ganadería y extracción de materiales para la construcción; todas estas actividades han sido desarrolladas sin un ordenamiento vocacional que, a la fecha, ha repercutido en la alteración y desequilibrio ecológico del medio, y esto se expresa 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, y de manera indirecta, en la alteración ambiental de la población de Tepic, capital del estado.

En octubre de 1978 se dictó una resolución del Consejo Estatal de Desarrollo Urbano de Nayarit, con el fin de evitar toda actividad que cause daños irreparables al Patrimonio Nacional del Estado en la región denominada "Cerro de San Juan"; sin embargo, las actividades de explotación continuaron. A consecuencia de lo anterior, en 1987, el Gobierno del Estado decreta a 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 cualquier actividad que lesione su flora y su fauna.

Dicha medida respondió positivamente a la demanda pública de proveer un marco legal para la protección del área, y fue congruente con los planteamientos de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Blanco, 1990).

Gispert *et al.*, en 1988, analizaron el decreto anteriormente citado, concluyendo que fue una resolución política que, si bien no fue precedida de un estudio formal para la planificación de la conservación, resultó justificable por la gravedad del deterioro que afecta a la hoy reserva ecológica (citado por Blanco, 1990).

El Gobierno del Estado instituyó, en el mismo año, el Comité Consultivo para el Desarrollo Integral del Ecosistema Cerro de San Juan, invitando a la Universidad Autónoma de Nayarit a responsabilizarse de las investigaciones científicas tendientes a crear bases racionales para la formulación de un plan de manejo.

El propósito de este trabajo es obtener un levantamiento edafológico que permita separar unidades de mapeo de suelos, para conocer las características y propiedades tendientes a evaluar la capacidad de uso de las tierras, lo cual permitirá sentar las bases necesarias para elaborar el plan de manejo requerido para la Reserva Ecológica Sierra de San Juan.

Características de la zona en estudio

Localización

La zona en estudio 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 y comprende una superficie de 26 231 ha (**Figura 1**).

La Reserva Ecológica abarca desde la cota de los 980 msnm, pero dentro de las coordenadas 21°20' y 21°32' de latitud norte y los meridianos 104°53' y 105°03' de longitud oeste, con una altitud máxima de 2 240 msnm, en los municipios de Tepic y Xalisco en el estado de Nayarit.

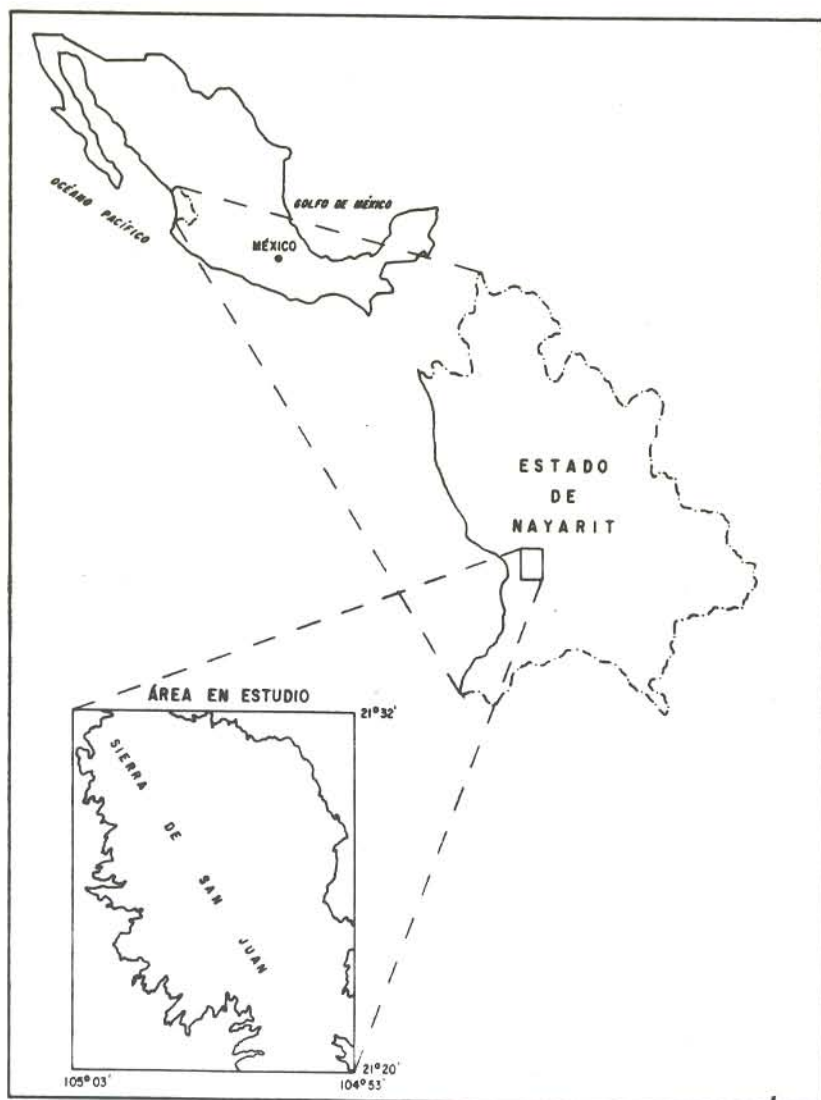


Figura 1. Localización de la Reserva Ecológica Sierra de San Juan, Nayarit.

Medio físico

Clima

Nayarit está directamente expuesto a los ciclones tropicales del Pacífico ocasionando que la precipitación se incremente por el ascenso orográfico del aire húmedo sobre las laderas montañosas de las sierras, las cuales, en el estado, se encuentran próximas al litoral (García y Trejo, 1990).

Por su localización geográfica, su rango altitudinal y su cercanía con el Océano Pacífico, la Sierra de San Juan presenta dos unidades climáticas, una con clima templado y otra con clima semicálido.

La unidad templada se localiza en la parte superior de la sierra, presenta temperaturas promedio anuales entre 15.5 y 18°C y una condición subhúmeda (1 500 a 1 750 mm) cubre unas 3 706 ha y representa 14.11% del total de la zona en estudio. Su límite inferior oscila entre los 1 500 y 1 700 msnm, con un comportamiento variable al tener laderas con exposición al Océano Pacífico y a la parte continental.

La unidad semicálida tiene una temperatura promedio anual entre 18 y 22°C; constituye el resto de la zona en estudio con alrededor de 22 543 ha, esto es, 85.89% del total de la reserva. Por condiciones de humedad, en esta unidad se subdividió, por un lado, al intermedio de los subhúmedos y al más húmedo de los subhúmedos, con una precipitación promedio anual que varía entre 1 200 y 1 500 mm, y cubre una superficie de 12 066 ha, precipitación promedio anual que varía entre 1 500 y 1 750 mm, cubriendo una superficie aproximada de 10 477 ha.

Geología

Los materiales sobre los cuales se desarrolló el Volcán San Juan, son basaltos del mioceno al cuaternario, con edades entre 8 y 20 millones de años (Gastil y Krummenacher, 1975).

Demant (1979) describe en cuatro fases la génesis del Volcán San Juan.

1. Primero se formó un domo dacítico del cual partieron derrames gruesos que se extendieron hasta 5 km, siendo, después, parcialmente destruido por explosiones violentas.
2. Una vez que el conducto quedó abierto, se desarrollaron erupciones de tipo pliniano, que emitieron un gran volumen de material pumítico.
3. 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.
4. 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 la pómez de la región meridional de Tepic.

Las erupciones de pómez del Volcán San Juan fueron granos finos 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%; al final fue una erupción de pumita andesítica con 59% de SiO_2 . Al microscopio electrónico los vidrios pumáceos 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 óxidos de hierro-titanio (Luhur, 1978).

Hidrología

La zona en estudio es cabecera de siete subcuencas y está ubicada entre la región hidrológica Huicicila-San Blas y la región Chapala-Santiago. La primera 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 importancia hidrológica de la zona decretada como 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, éstos 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, así como 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 (Bojórquez, 1995).

Vegetación y uso del suelo

Para la zona se reportan 403 especies de 91 familias y 245 géneros. Las angiospermas están representadas por 84 familias, 219 géneros y 343 especies; las pteridophytas por cinco familias, 25 géneros y 50 especies, y las gymnospermas por dos familias, dos géneros y tres especies, todas ellas distribuidas en el bosque de pino, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña y el pastizal inducido (González, 1993).

Otro estudio sobre la vegetación de la Sierra de San Juan reconoce siete unidades de vegetación natural y tres de uso del suelo. Los tipos de vegetación son: bosque tropical subcaducifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, bosque de pino y encino, bosque de pino, bosque tropical caducifolio y matorral secundario. Los tres usos del suelo son: pastizal inducido, agricultura de temporal y permanente, y zonas urbanas (Blanco, 1994).

Se realizó un diagnóstico pecuario en algunas comunidades de la zona en estudio, censando unas 500 cabezas de ganado cebú y 21 de equinos, observándose además como principales restricciones la falta de agostaderos y la escasez de agua (Jiménez y Bojórquez, 1991). Como una actividad productiva complementaria se reporta la presencia de 10 minas a cielo abierto, en las que se extrae arena, grava, piedra y jal (pómez). Para 1986 la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) estimó un volumen extraído de alrededor de 17 700 m³ de materiales (Rea, 1991).

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta la fotointerpretación de la vegetación y trabajo de campo, se logró realizar un mapa de vegetación y uso del suelo (Bojórquez, 1995), del cual se muestra un resumen en el **cuadro 1**. Se estimó también el uso agrícola en la Reserva (véase **Cuadro 2**).

Aspectos socioeconómicos

De acuerdo con el censo del INEGI (1990) y la cartografía de DETENAL (1974), la Reserva colinda con la ciudad de Tepic y tiene inmersas 16 comunidades. En los años ochenta el número de viviendas creció en 62%, de 2 680 en 1980, pasó a 4 316 en 1990; mientras que el de habitantes creció en 71%, de 15 267 aumentó a 21 800.

Cuadro 1. Uso del suelo de la Reserva Ecológica Sierra de San Juan, Nayarit

Uso de Suelo	Extensión	
	Hectáreas	%
Bosque de encino-mesófilo de montaña	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

El 34.3% de la población económicamente activa de la zona se ubica en el sector primario, sólo 12% en la industria y 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, concentrádos estos dos últimos en la ciudad de Xalisco.

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.

La reserva 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 y Blanco, 1991).

Cuadro 2. Uso agrícola de la Reserva Ecológica Sierra de San Juan, Nayarit

Cultivos	Extensión	
	Hectáreas	%
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

Metodología

Se siguió la metodología para levantamientos edafológicos propuesta por el Centro Interamericano de Fotointerpretación (Elbersen *et al.*, 1986), el trabajo consistió en llevar a cabo un levantamiento de suelos; para su elaboración se siguieron cuatro fases.

Fase preparatoria

Se utilizó material cartográfico a escala 1:50 000 para elaborar el mapa base, con apoyo de fotografías aéreas se delinearon unidades de fotointerpretación que permitieron realizar el muestreo libre y mapeo sistemático de la zona.

Mediante la interpretación de fotografías aéreas en B/N a escalas 1:50 000 de 1991 y a escala 1:20 000 de 1986, se obtuvo el análisis fisiográfico de la zona en estudio, y la actualización del mapa de uso del suelo, con el apoyo de la imagen de satélite Landsat TM de abril de 1992.

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. Se seleccionaron 23 puntos de muestreo.

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 en: caña de azúcar, café, aguacate y cultivos anuales.

Fase de campo

Esta parte comprendió un recorrido general de reconocimiento durante la fotointerpretación, y el muestreo sistemático durante ochos semanas de trabajo de campo, distribuidas 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.

Las muestras se tomaron por horizontes de cada perfil abierto. También se verificaron los límites de suelos trazados en las fotografías aéreas y en algunos casos se modificaron. Se obtuvieron 103 muestras de suelo de un total de 23 perfiles.

Fase de laboratorio

A las muestras colectadas se les realizaron los análisis físicos y químicos, con base en Ortiz (1986).

Dentro de los 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; y la densidad real se obtuvo por el método del picnómetro. Para los 13 perfiles modales se determinó el porcentaje de humedad a capacidad de campo y la densidad aparente, medida con probeta (Gandoy, 1991).

Las pruebas químicas realizadas fueron: pH en relación 1:2.5, en agua (H₂O) y en cloruro de potasio (KCl). Materia orgánica por el método de Wackley y Black.

Fase de compilación del mapa

Para la clasificación taxonómica de los perfiles se siguió 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 de Suelos del Mundo (FAO-UNESCO, 1989).

Se realizó la restitución mediante el stereosketch y 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.

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.

Para la interpretación del levantamiento general de los suelos, se siguió el sistema por capacidad de uso de las tierras del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, modificado por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL, 1970).

Se consideraron para la zona en estudio los siguientes 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 (Quiñones *et al.*, 1973) (véase **Cuadro 3**).

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

Resultados

Se describieron y analizaron 24 perfiles de suelos, de los cuales se obtuvieron 13 perfiles modales que sirvieron para la clasificación fisiográfica (Bojórquez, 1995), lo que permitió separar 12 unidades de mapeo de suelos: 7 asociaciones y 5 consociaciones (véanse **Cuadro 4** y **Figura 2**).

Las unidades fisiográficas resultado de la fotointerpretación y trabajo de campo fueron dos grandes paisajes: **A.** Unidad de montaña volcánica denudativa y **B.** Unidad deposicional.

Cuadro 3. Calificación de las clases de terrenos

Disponibilidad de agua (C)	Inundaciones (I)	Riesgo a la erosión (E)	Topografía (T) %	Profundidad efectiva (S1) cm	Profundidad manto freático (S2) cm	Pedregosidad (S3) %	pH Acidez (S4)
1 No requiere riego	Nulas	Nula o imperceptible	< 3	> 75	> 75	< 5	7.0-6.5
2 Necesita riego en invierno	20% o retraso de la siembra	Nula o imperceptible	< 3	50-75	50-75	5-10	6.5-6.0
3 Necesita riego en otoño	20-50%	Surcos medios	3-6	35-50	35-50	10-15	6.0-5.5
4 Necesita riego todo el año	50%	Surcos profundos	6-10	25-35	25-35	15-35	5.5-5.0
5 Limitantes leves	Total para agricultura leve para pastos	Cárcavas incipientes	10-25	15-25	15-25	35-50	5.5-5.0
6 Limitantes moderadas	Moderada para pastos	Cárcavas medias	25-40	10-15	10-15	50-70	5.5-5.0
7 Limitantes severas	Severa para pastos	Cárcavas profundas	40-100	< 10	< 10	70-90	5.5-5.0
8 Acidez extrema	Total	Quedan pequeños montículos	> 100	< 10	< 10	> 90	< 5.0

Fuente: Quiñones *et al.*, 1973.

Cuadro 4. Leyenda fisiográfica - pedológica

GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUBPAISAJE	UNIDAD DE MAPEO	UNIDAD CARTOGRAFICA	CONJUNTO	UNIDADES TAXONOMICAS		SUPERFICIE	
						SOIL TAXONOMY (1994)	FAO-UNESCO (1989)	ha	%
A. Unidad de Montaña volcánica denudativa	A1. Ladera con depósitos de pómez y cenizas volcánicas sobre coladas de basalto del mioceno	A11. Laderas con pendiente inferior a 15 %	Consociación	A11	Zapata	Hapludands	Andosoles úmbricos	1 069	4,07
		A12. Laderas con pendiente entre 15 y 40 %	Asociación	A12	Tacote	Hapludands	Andosoles úmbricos	5 167	19,7
					Húmedo	Haplumbrepts	Cambisoles húmicos		
					Reseco *	Udorthents	Regosoles distrícicos		
		A13. Laderas con pendiente superior a 40 %	Asociación	A13	Coatepec	Hapludands	Andosoles úmbricos	7 096	26,05
		A2. Laderas con depósito de pómez sobre coladas de andesitas	A21. Laderas con pendiente entre 15 y 40%	Asociación	A21	Antenas	Fulvudands	Andosoles úmbricos	3 477
	Camino					Ustochrepts	Cambisoles distrícicos		
	Reseco *					Udorthents	Regosoles distrícicos		
	A22. Laderas con pendiente superior a 40%		Asociación	A22	Antenas	Fulvudands	Andosoles úmbricos	2 662	10,14
	A3. Superficie de nivelación, con depósitos de pómez y cenizas volcánicas (Rampas de piedemonte)	A31. Terrazas con pendiente entre 3 y 7 %	Asociación	A31	Polvoso	Hapludands	Andosoles úmbricos	163	0,63
					Rosa	Rhodustalfs	Luvsoles crómicos		
					Tecolote	Ustochrepts	Cambisoles distrícicos		
		A32. Terrazas con pendiente entre 7 y 12%	Asociación	A32	Huerta	Ustochrepts	Cambisoles distrícicos	538	2,06
					Indio	Haplumbrepts	Cambisoles húmicos		
					Alcantarilla	Hapludands	Andosoles úmbricos		
		A33. Terrazas con pendiente entre 12 y 25%	Consociación	A33	Cordoncillos	Udorthents	Regosoles distrícicos	59	0,23
A34 Talud (mayor a 40%) y fondo de barrancos (15 a 40%)		Asociación	A34	Reseco *	Udorthents	Regosoles distrícicos	2 554	9,74	
A4. Coladas de basalto andesítico del pleistoceno	Consociación	A4	Húmedo	Haplumbrepts	Cambisoles húmicos	1 709	6,52		
			San Juan	Fulvudands	Andosoles úmbricos				
B. Unidad deposicional	B1. Piedemonte coluvio-aluvial	Consociación	B1	Minas	Haplumbrepts	Cambisoles húmicos	674	2,56	
	B2. Llanura aluvial	Consociación	B2	Xalisco	Haplumbrepts	Cambisoles húmicos	1 063	4,05	

* inclusiones

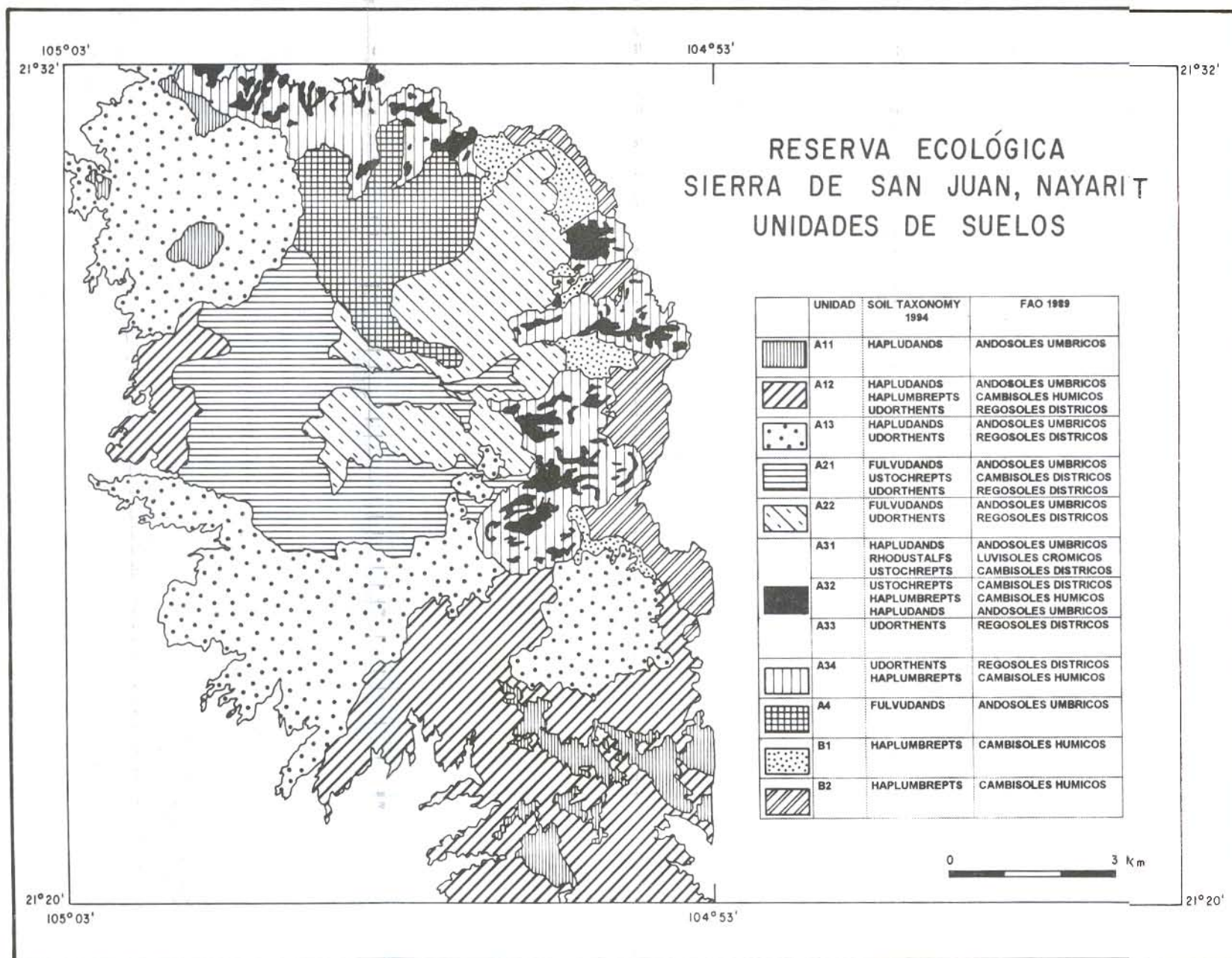


Figura 2. Unidades de mapeo de suelos.

A. Unidad de montaña volcánica denudativa

Se refiere a una serie de volcanes erosivos del terciario y cuaternario que, por su génesis, morfología, pendiente, uso del suelo y dinámica de los procesos actuales, se subdivide en cuatro paisajes diferentes.

A1. Laderas de depósitos de pómez y cenizas volcánicas, sobre coladas de basalto del mioceno

Se ubica al noroeste y sur de la zona en estudio y cubre alrededor de 13 332 ha y representa 50.8% del área, la altitud varía de 980 a 1 600 msnm. Estas laderas por pendiente se agruparon en tres subpaisajes, en donde 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 pumáceos sobre las laderas poco inclinadas y depresiones del relieve anterior, con densidad y profundidad de disección muy baja.

Esta unidad cubre una superficie de 1 069 ha y representa 4% del total de la Reserva. Se ubicó en esta área una consociación representada por el Conjunto Zapata Hapludands profundo.

A12. Laderas con pendiente entre 15 y 40%

Este subpaisaje se compone de laderas y piedemontes, con cimas subredondeadas y amplias. Las primeras presentan drenaje de tipo dentrítico con densidad y profundidad de disección media. Las segundas llegan a formar abanicos-terrazza, como producto de una relativa nivelación de los depósitos de pómez y cenizas, con densidad y profundidad de disección baja.

Esta unidad cubre una superficie de 5 167 ha y representa 19.7% del total de la Reserva. En ella se ubicó la asociación de los Conjuntos Tacote Hapludands de profundidad intermedia, Húmedo Haplumbrepts y Reseco Udorthents como inclusión. El primero ubicado sobre las cimas subredondeadas y amplias de las terrazas, y los restantes, en fondos de barrancos y taludes, respectivamente.

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.

Cubre una superficie de 7 095 ha y representa 27% de la zona en estudio. Dentro de esta unidad se encontró la asociación de los Conjuntos Coatepec Hapludands, poco profundo, 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.

A2. Laderas de depósitos de pómez 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. Por pendiente y disección, estas laderas se clasificaron en dos subpaisajes, en donde se identificaron dos 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 sobre las coladas de andesitas que, en la actualidad, denotan una alta disección del relieve, producto de la pendiente, la cantidad de precipitación, el espesor del depósito y susceptibilidad del material a la erosión.

Esta unidad cubre una superficie de 3 477 ha y representa 13.25% del total de la zona en estudio, se ubicó una asociación de suelos compuesta por los Conjuntos Camino Ustochrepts, Antenas Fulvudands y Reseco Udorthents como inclusión. El Conjunto Antenas se identificó en las cimas de laderas forestadas y en los pequeños valles intramontanos; el Conjunto Camino sobre superficies de nivelación cultivadas con caña y aguacate, y el Conjunto Reseco, en laderas muy disecadas.

A22. Laderas con pendiente superior a 40%

Se ubica en la porción superior de los derrames del Volcán San Juan y Cerro Alto; los depósitos de pómez 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 10.14% de la zona en estudio. Se encontró una asociación de suelos, constituida 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 por lo general escarpadas.

A3. Superficies de nivelación con depósitos de pómez y cenizas volcánicas'

Este paisaje es producto de depósitos mayores de pómez y cenizas volcánicas, sobre anteriores superficies y laderas con escasa inclinación.

Este paisaje cubre 3 316 ha, esto es, 12.6% del área en estudio, se caracteriza por presentar superficies en forma de mesas con cimas amplias a muy amplias, con diferente inclinación, separadas por barrancos que las han disecado. Así, se delinearón los siguientes subpaisajes y se ubicaron tres asociaciones y una consociación.

A31. Terrazas con pendiente entre 3 y 7%

Esta unidad cubre una superficie de 163 ha, esto es, 0.63% de la zona en estudio, se ubica en las mesas los Soquites, De la Rosa y El Tecolote, se identificó una asociación de suelos, representada por los Conjuntos Polvoso Hapludands, Rosa Rhodustalf y Tecolote Ustochrepts.

A32. Terrazas con pendiente entre 7 y 12%

Se localiza en las porciones medias de los abanicos-terrazza y cubre una superficie de 538 ha representando 2.06% de la Reserva. Se ubicó una asociación de suelos compuesta por los Conjuntos Huerta Ustochrepts, Indio Haplumbrepts y Alcantarilla Hapludands.

A33. Terrazas con pendiente entre 12 y 25%

Esta unidad cubre una superficie de 59 ha, representa sólo el 0.23% de la zona en estudio. Se localiza en la porción terminal de los abanicos-terrazza, sobre cimas subredondeadas. Se ubicó una consociación representada por el Conjunto Cordoncillos Udorthents.

A34. Taludes y fondo de barrancos

Este subpaisaje se compone por los barrancos que se presentan en los abanicos-terrazza. Cubre una superficie de 2 554 ha y representa 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.

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.

Cubre alrededor de 1 709 ha y constituye 6.52% del total de la zona en estudio. Se ubicó una consociación representada por el Conjunto San Juan Fulvudands.

B. Unidad deposicional

Este segundo gran paisaje de la zona en estudio, que constituye superficies de acumulación de materiales, se dividió en dos paisajes.

B1. Piedemonte coluvio-aluvial

Esta 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 materiales, en la mayoría de los casos presenta alta pedregosidad. Cubre una superficie de 674 ha y representa 4.05% del total de la zona en estudio. Se identificó sobre esta área el Conjunto Minas Haplumbrepts pedregoso.

B2. Llanura aluvial

La génesis de este paisaje está dominada por la acumulación aluvial de sedimentos provenientes de la Sierra de San Juan. Cubre una superficie de 1 063 ha y representa 4.05% de la zona en estudio. Se localizó en este paisaje el Conjunto Xalisco Haplumbrepts.

Clasificación por capacidad de uso

Los resultados de la clasificación por capacidad de uso de los terrenos de la Reserva Ecológica Sierra de San Juan se presentan en el **cuadro 5**, donde se observa que las unidades de mapeo se dividen en tres grupos, los cuales se describen a continuación.

Clase 5-8

Esta clase incluye las unidades de mapeo A13, A22, A4 y algunas porciones de la unidad A21. Éstas se encuentran limitadas por topografía, riesgo a la erosión y pedregosidad. Cubren una superficie aproximada de 14 602 ha y representan 55.67% del total de la Reserva. Su aptitud es para bosque y como refugio de vida silvestre.

De acuerdo con sus características y propiedades de los suelos y con base en las condiciones del medio físico, se sugiere el siguiente manejo.

- Favorecer la regeneración de la vegetación nativa, con el fin de tener una mayor cubierta vegetal para reducir los escurrimientos y los procesos erosivos.
- Proteger las áreas boscosas del pastoreo y de los incendios forestales. Los incendios forestales son propiciados principalmente por descuidos en las prácticas de quema de la caña de azúcar. Una forma de reducir estos accidentes es cambiar la época de corta antes de abril, ya que esto evitaría las quemas en abril y mayo, que es cuando hay mayor incidencia de incendios forestales.

Cuadro 5. Clasificación por capacidad de uso

Unidad	C	I	E	T	S1	S2	S3	S4	Clasificación	Recomendación 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 Árboles 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.	Árboles y vida silvestre Pastizal con limitaciones Árboles y vida silvestre
A22	1	1	7	7-8	1	1	2	1	Terrenos de clase 7 y 8, con muy alto riesgo a la erosión.	Cultivos adaptados Pastizal con limitaciones Árboles y vida silvestre Agricultura con prácticas especiales de manejo de suelos.
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.	Igual al anterior.
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 al 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 al 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 Árboles y vida silvestre
A4	1	1	5	5-7	1	1	8	1	Terrenos de clase 8 por pedregosidad superficial.	Árboles 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)

Clase 3-5

En esta clase se incluyen las unidades A12, A33, A34, B1 y las pequeñas superficies de la unidad A21. Éstas se encuentran limitadas por topografía, riesgo a la erosión, pedregosidad y acidez del suelo. Cubren una superficie de 8 796 ha y representan 33.53% de la zona en estudio. Su aptitud es para bosques y vida silvestre en barrancos y laderas muy inclinadas, así como para agricultura con prácticas especiales de conservación y manejo de suelos, para el resto del área. Los terrenos dedicados a actividades agrícolas requieren de prácticas especiales de manejo, algunas de éstas se sugieren a continuación.

- Establecimiento de surcados en contorno, sistemas de terrazas y canales de desvío, lo que reduciría los escurrimientos superficiales.
- En el caso del cultivo de la caña de azúcar se aconseja el laboreo mínimo, con el fin de no mover el suelo y con esto retener mayor humedad y reducir el riesgo de erosión.
- Incorporar estiercolados y residuos de cosechas, a fin de preservar y mejorar la fertilidad y disminuir el efecto de la erosión pluvial.
- Es necesaria la aplicación de dosis y fertilizantes adecuados, con base en análisis químicos y en función de las necesidades del cultivo de que se trate.

Clase 1-3

Esta clase comprende a las unidades de mapeo A11, A31, A32 y B2, las que presentan ligeras limitantes en topografía, el riesgo a la erosión y acidez en el suelo. Cubren una superficie de 2 833 ha y representan 10.8% del total de la reserva. Su aptitud es para la agricultura, con prácticas de conservación y manejo de suelos, como las siguientes.

- Establecer surcados en contorno y sistemas de terrazas.
- Incorporar estiercolados y residuos de cosecha.
- Aplicar fertilizantes adecuados al tipo de suelo.

Cuadro 6. Resumen de la clasificación por capacidad de uso de las tierras en la Reserva Ecológica Sierra de San Juan, Nayarit

Clases	Aptitud	Extensión	
		Hectáreas	%
5 - 8	Bosques y vida silvestre	14 602	55.67
3 - 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

Conclusiones

Por el hecho de ser una reserva ecológica la zona en estudio, este trabajo proporciona elementos al gobierno Estatal para establecer, de acuerdo con su vocación de uso, un plan de manejo para la Reserva.

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; 4 consociaciones y 4 asociaciones, clasificados a nivel de subgrupos y nombrados como conjuntos. Los suelos identificados, en orden de importancia son: Udorthents, Hapludands, Fulvudands, Ustochrepts, Haplumbrepts, Rhodustalfs.

Los depósitos de pómez y cenizas volcánicas, y el régimen de humedad de la zona, están influenciando marcadamente la génesis y las propiedades ándicas de los suelos, así como la pendiente determina la profundidad y grado de desarrollo de los mismos.

Referencias

- Blanco, C. M. (1990), Marco geográfico de la Reserva Ecológica Sierra de San Juan, Nayarit, México, *Memoria del XII Congreso Nacional de Geografía*, Tepic, Nay.
- Blanco, C. M. (1994), Vegetación de la Sierra de San Juan, Nayarit, UNAM, México, tesis de licenciatura (biólogo), 87 pp.
- Bojórquez S., J. I. (1995), Levantamiento de suelos de la Reserva Ecológica Sierra de San Juan, Nayarit, UNAM, México, tesis de maestría en Ciencias (edafología), 112 pp.
- Bojórquez S., J. I. y C. 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 Farfán"*, Guadalajara, Jal., México.
- CETENAL (1970), *Modificaciones para México de la clasificación de suelos*, FAO-UNESCO, México.
- Demant, A. (1979), *Vulcanología y petrografía del sector occidental del Eje Neovolcánico*, Instituto de Geología, UNAM, México, vol. 75, pp. 39-57.
- DETENAL (1974), Carta topográfica, Escala 1:50 000, hojas: Tepic (F-13-D21), Xalisco (F-13-D-31), San Blas (F-13-C-29) y Jalcocotán (F-13-C-39), México.
- Elbersen G., W. W., S. T. Benavides y P. J. Botero (1986), *Metodología para levantamientos edafológicos (especificaciones y manual de procedimiento)*, CIAF, Bogotá, Colombia, pp. 1-27 y 41-49.
- FAO-UNESCO (1989), Mapa Mundial de Suelos. Leyenda Revisada, Roma.

- Gandoy, B. W. (1991), Manual de laboratorio para el manejo físico de los suelos, *Serie Agronomía*, núm. 22, Universidad Autónoma de Chapingo, México, 173 pp.
- García, E. y Trejo, R. I. (1990), "Causas de la precipitación en Nayarit", *Memoria del XII Congreso Nacional de Geografía*, Tepic, Nayarit, México, pp. 234-243.
- Gastil, G. y Krummenacher (1978), *Reconnaissance geology of west-central Nayarit, Mexico*, Geol. Soc. Am. Map. Chart Ser. MC24.
- Gobierno del Estado de Nayarit (1978), Periódico Oficial. Resolución del Consejo Estatal de Desarrollo Urbano de Nayarit, tomo CXXIV, núm. 32, 18 de octubre de 1978.
- Gobierno del Estado de Nayarit (1987), Periódico Oficial. Decreto en el que se declara el cerro de San Juan como reserva de conservación y equilibrio ecológico y regeneración del medio ambiente del estado de Nayarit, tomo CXLII, núm. 35, 28 de octubre de 1987.
- González, F. R. (1993), Biodiversidad vegetal en la Sierra de San Juan, Nayarit, en *Primera Jornada de Investigación Científica*, UAN, Tepic, Nay., pp. 135-136.
- INEGI (1990), Nayarit. Resultados definitivos, XI Censo General de Población y Vivienda, México.
- Jiménez, C. y J. I. Bojórquez S. (1991), Diagnóstico pecuario de la Reserva Ecológica Sierra de San Juan, Nayarit (mimeografiado), 18 pp.
- Luhur, J. (1978), Factors controlling the evolution of the prehistoric pyroclastic eruption of Volcán San Juan, Mexico, *Geological Society of America*, Abstracts with Programs, vol. 10, p. 114.
- Ortiz, H. L. (1986), Manual de técnicas y procedimientos para análisis físico-químico de suelos, tesis de licenciatura, Fac. de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México.
- Quiñones, H., S. González y L. R. Allende (1973), *Clasificación de tierras para uso potencial*, CETENAL, México, 190 pp.
- Rea, R. (1991), Diagnóstico de la actividad minera en la Reserva Ecológica Sierra de San Juan y su impacto ambiental (mimeografiado), 32 pp.
- Soil Survey Staff (1994), *Keys to Soil Taxonomy*, USDA, 6a. ed., EUA, 306 pp.