

TIPOS DE TIERRA PARA LA PLANEACION ECOLOGICA DEL USO DE LA TIERRA

Luis A. Sancholuz¹
Gerald G. Marten²
Manuel G. Zolá B³.

Resumen

Se presenta un esquema jerárquico de clasificación e inventario de la tierra (4500 Km²) en el centro de Veracruz. El objetivo de la clasificación es definir tipos de tierra que: i) representen las diferentes condiciones ecológicas existentes, ii) permitan entender su comportamiento bajo distintos sistemas de uso de la tierra y, iii) sean rápida, económica y fácilmente identificables. Otros niveles de esta clasificación, sistemas terrestres y paisajes, pueden ayudar en la localización de los tipos de tierra y en la regionalización para la planeación de grandes espacios. Se discute, con resultados, el esquema empleado y se concluye que satisfizo los objetivos planteados.

Palabras claves: planeación regional, geomorfología, Veracruz, inventario regional, clasificación jerárquica, sistemas terrestres, paisajes, unidades terrestres.

Summary:

A hierarchical approach to land classification and inventory was calibrated in an area of 4500 km² in the state of Veracruz, Mexico. The objective was to define land types that: i) communicate the diversity of ecological conditions in the area, ii) are meaningful and distinct with regard to their behavior under different land uses, and iii) are easy and economical to identify and inventory. The other levels of the hierarchy —land systems and landscapes— facilitate the identification of the land types and may be valuable tools for ecological regional planning.

Key words: ecological regional planning, land types, Veracruz, regional inventory, hierarchical approach, land systems, landscapes.

INTRODUCCION

Para el mejor desarrollo del Programa de Planeación Ecológica del Uso de la Tierra, que se lleva a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), fué necesario conocer, evaluar, e inventariar las características

biofísicas relevantes del territorio escogido como área piloto: la región Xalapa. En especial, nos interesaban aquéllas características de la tierra y sus recursos, que afectarían tanto a la productividad como al uso sostenido, bajo distintos aprovechamientos agropecuarios y forestales (Marten y Sancholuz, 1981 a).

¹ Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB). Actualmente en el Institute of Animal Resource Ecology, University of British Columbia, Vancouver, B.C. Canada V6T 1W5

² Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB). Actualmente en Environment and Policy Institute, East-West Center, 1777 East-West Rd, Honolulu, Hawaii 96848, E.U.A.

³ Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB). Apartado Postal No. 63, Xalapa, Veracruz, México.

Los tres objetivos específicos de este trabajo fueron:

1) Identificar los distintos tipos de tierra en cuanto a su comportamiento, bajo diferentes sistemas de aprovechamiento.

2) Catalogar las características de cada tipo de tierra, que fueran relevantes para su aprovechamiento.

3) Inventariar la extensión de cada uno de estos tipos de tierra en la región Xalapa.

Es evidente que estos tres objetivos pueden significar esfuerzos y enfoques totalmente distintos dependiendo de la precisión o escala a las que se trabaje. En otros casos, por ejemplo para los fines del Plan Nacional Hidráulico (SARH, 1974) la totalidad de la región Xalapa quedó dividida en tres unidades cartográficas; esto obedece a la escala (1: 1,000, 000) de la documentación del Plan y a su objetivo de diferenciar áreas susceptibles de irrigación y/o mecanización agrícola. En el otro extremo, los proyectos especiales de la Dirección de Agrología de la SARH identifican y cartografían a escala 1:5,000, series edafológicas (Ing. E. Ríos, SARH-Ver. com. pers), información que permite generar recomendaciones específicas para cada cultivo (*vgr.*, dosificación de fertilizantes, labores, etc). Los estudios agrológicos, por su parte, se concentran en los distritos de riego de la región Xalapa y, por lo tanto, cubren pequeñas superficies de la misma. Los inventarios temáticos (escala 1: 50,000) de la Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL) todavía no se llevan a cabo en Veracruz.

Nuestro universo de estudio fue la región Xalapa, y el trabajo se ubicó en un plano equilibrado entre los dos niveles extremos de detalles, es decir, nos propusimos que nuestro inventario fuera sensible a los sistemas actuales de uso de la tierra, y además considerar no solamente agricultura de temporal, de riego, mecanizada etc., queríamos distinguir, por lo menos, entre grupos ecológicos de cultivos (*vgr.*, frutales templados, cereales, maíz de temporal, pastizales inducidos y cultivados, etc).

En función de estos objetivos y pautas generales, así como de las limitaciones logísticas del proyecto, se optó por un esquema de clasificación e inventario regional en tres niveles jerárquicos o aproximaciones sucesivas. El empleo de estos niveles, reconocibles a distintas escalas, permitió la identificación de tipos discretos de tierra en cuanto a clima, relieve y suelos.

Queremos enfatizar aquí, la discusión de métodos y procedimientos, a la vez que ejemplificar, con resultados concretos, sus alcances y limitaciones. La información sistematizada para su consulta será tema de otra publicación (Zolá, Sancholuz y Marten, 1981).

ANTECEDENTES

Metodológicos

Nuestro enfoque al problema de clasificación e inventario de recursos en áreas grandes y poco conocidas, no es nuevo. La literatura de los últimos años ha visto proliferar métodos integrales y económicos de inventariado de recursos naturales. Quizás el primero y más coherente esquema de trabajo es el desarrollado por el laboratorio de "Land Research & Regional Survey" del C.S.I.R.O. Australiano (Christian y Stewart, 1968). En él, cada unidad (Sistema Terrestre, Unidad Terrestre) es definida a distintas escalas, siguiendo distintos indicadores y con el objetivo de elaborar una clasificación integral de los recursos de la tierra. Relacionados con el método australiano son los esquemas ingleses del Directorate of Overseas Surveys y del Military Engineering Experiment Establishment (M.E.X.E.) (Beckett y Webster, 1965; Young, 1968), y los canadienses que han adaptado la experiencia australiana a su país (Lacate, 1969; Hill, *et al.* 1970). También en México, el Dr. Cuanalo de la Cerda y un grupo de estudiantes del Colegio de Postgraduados de Chapingo han adaptado y experimentado la metodología de la escuela inglesa en sus levantamiento fisiográficos (Ponce Hernández y Cuanalo de la Cerda, 1978).

Más recientemente se ha intentado com-

parar estas diferentes metodologías (Moss, 1975). Las distintas escuelas enfatizan en forma diferente los mecanismos causales que operan en la génesis de las unidades del territorio. El número de estas unidades y las escalas de detección también varían de método a método (Moss, 1975, Tabla 1). A pesar de las diferencias señaladas, todos estos esquemas comparten tres características que también son comunes al que presentamos más adelante:

facilita la organización del trabajo de campo.

3) Los resultados se presentan en forma cartográfica y tabulando los valores de los distintos atributos de cada unidad.

La región Xalapa

Nuestra área de estudio coincidía originalmente con la Región Xalapa o Región

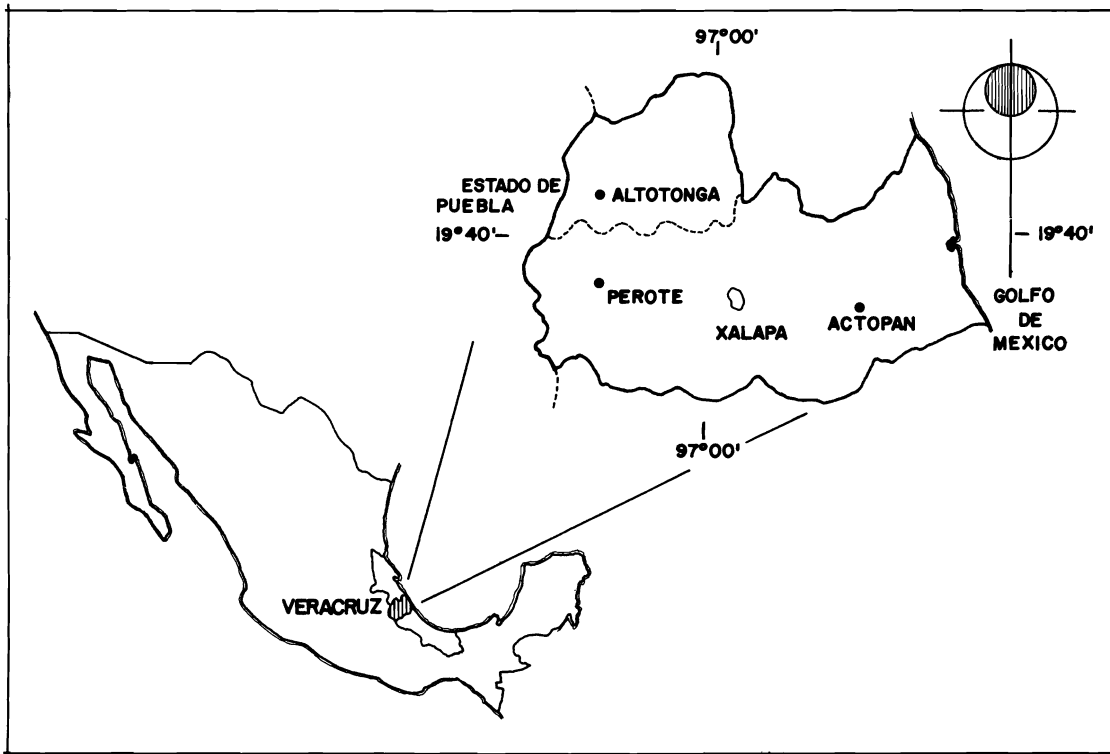


FIGURA 1. Localización de la región Xalapa.

1) Se clasifican jerárquicamente los territorios, empleando distintos atributos de acuerdo a la escala, lo que permite: a) que las distintas unidades resultantes se puedan usar en forma independiente y b) que se identifiquen las fuentes de información apropiadas para cada unidad de la jerarquía.

2) Se hace uso de fotografías aéreas y/o de imágenes satélite para la detección de las unidades, lo que minimiza los costos y

Socioeconómica No. 1 del Estado de Veracruz (Universidad Veracruzana, 1967). Posteriormente excluimos los municipios de Altotonga, Atzalan y Jalacingo, e incluimos el de Ursulo Galván (Figura 1). Estos cambios obedecieron a nuestro interés por considerar una porción significativa de tierras aluviales de la costa del Golfo (U. Galván) y, al mismo tiempo, balancear la cobertura de tierras montañosas subtropicales. Altotonga, Jalacingo y Atzalan reproducen, en mucho, las condiciones eco-

lógicas de municipios como Xalapa, Teocelo y Naolinco).

De esta forma concebimos a la Región Xalapa como un área piloto de todo el Golfo de México, en donde fue posible ensayar metodologías que abarcaran los típicos cambios climáticos, vegetacionales y geomorfológicos. En efecto se trata de una franja o transecto de aproximadamente 60 km de ancho y 120 km de largo que atraviesa el Estado de Veracruz entre los 19° 20' y los 19° 50' de latitud norte (Figura 1).

poración de tanque y precipitación de las estaciones meteorológicas más representativas de cada tipo climático de la región (Figura 2).

La vegetación natural de este transecto es también cambiante, como lo demuestra el trabajo de Gómez-Pompa (1978). Páramos de montaña y bosques de pinos dan paso gradual a selvas bajas caducifolias y manglares en la llanura costera (Figura 3). Los sistemas de uso de la tierra son extremadamente complejos. Esto se debe,

TABLA 1.
SISTEMAS TERRESTRES

SISTEMA TERRESTRE	ALTITUD m.s.n.m.	VEGETACION* Y USO	GEOLOGIA**	CLIMA***	RELIEVE	SUELOS DOMINANTES (FAO-UNESCO)	SUPERFICIE KM².
Cofre de Perote	2250-4270	Bosque de pino-oyamel, papas.	Andesitas, dacitas y basaltos, cenizas, escorias volc.	Subhúmedo, templado, frío y boreal.	Montañoso	Regosoles, rankers.	549
Valle Perote	2250-2500	Bosque de pinos, Matorral rosetófilo, papas.	Tobas volcánicas y calizas cretácicas.	Semiárido, templado, frío	Valle endorreico.	Regosoles, litosoles.	764
Xalapa	1100-2250	Bosques caducifolios, encinares, cereales, papas, pastizales, café, cítricos, azúcar.	Cenizas y coladas basálticas	Húmedo templado-subtropical	Colinado con cañones E-O	Latosoles, andosoles, litosoles.	1177
Dos Ríos	400-1100	Selva baja, encinares, pastizales.	Cenizas y coladas basálticas	Subhúmedo, subtropical.	Quebrado, secuencia cañón-terrazza.	Planosoles, latosoles, duripanes.	808
Carrizal	300-600	Selvas bajas, agricultura temporalera, papaya.	Calcáreos marinos del terciario.	Tropical sub húmedo.	Lig. ondulado serrano a occidente	Rendzimas litosoles.	402
Sierra Manuel Díaz	0-400	Selvas medianas, manglares, pastizales.	Rocas y cenizas volcánicas.	Tropical sub húmedo.	Serrano con cañones.	Latosoles, litosoles.	742
Actopan Antigua	0-150	Agricultura de riego tropical, frutales, caña, arroz.	Aluviones recientes.	Tropical sub húmedo.	Deltaico con terrazas.	Aluviones, arenosoles.	314

* De Gómez-Pompa *et al.* (1977), ** de Mooser y Palacios (1977), *** Según Holdridge (1971).

En este transecto, y de oeste a este, se pasa desde los 4200 m sobre el nivel del mar (Cofre de Perote) hasta el Golfo de México (desembocadura del río Actopan). Consecuentemente los climas comprendidos están entre los más fríos y cálidos de la vertiente atlántica de México (Koterba y Lavín, 1979; ver 5ta. col., Tabla 1). Para ilustrar el régimen de humedad hemos hecho una gráfica de los promedios de eva-

en parte, a los variados cultivos adaptados a distintos climas (*vgr.* arroz, mango, naranjos, cafetos, ciruelos, papas, cebada y trigo). Además, las condiciones socioeconómicas y culturales hacen posible la coexistencia de parcelas de menos de 1 ha. cultivadas con maíz-frijol y con tecnología tradicional, y de plantaciones de cafetos y ranchos ganaderos con empleo de las más modernas técnicas e insumos. Marten y

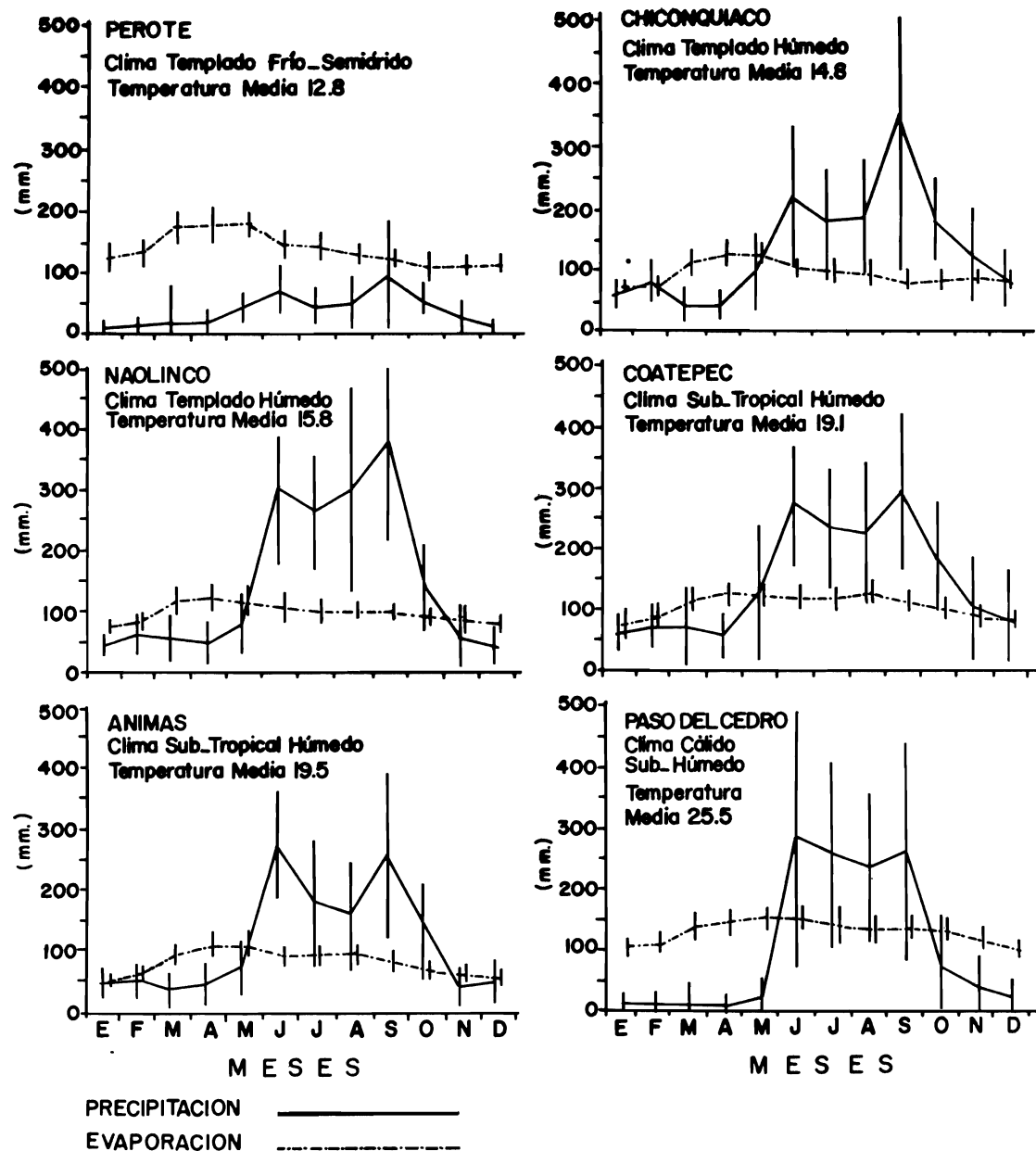


FIGURA 2. Valores de precipitación y evaporación para estaciones climáticas de la región Xalapa. Las barras corresponden al error standard.

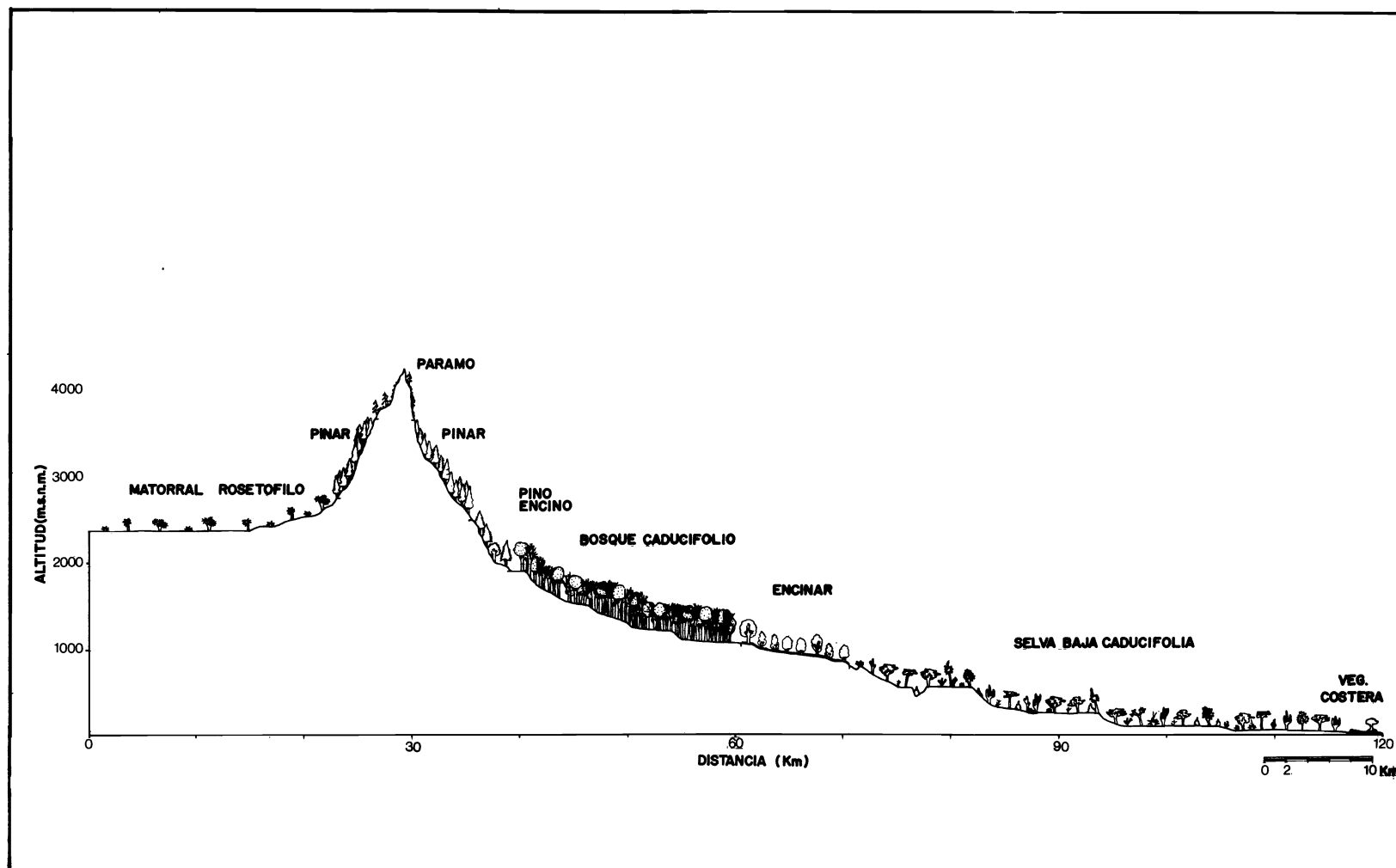


FIGURA 3. Perfil de vegetación de la región Xalapa (adaptado de Gómez Pompa, 1978).

Sancholuz (1981a), reportan las características tecnológicas de 56 sistemas de uso de la tierra (Tabla 9) de la región Xalapa y proveen una sucinta descripción de los problemas agrícolas más importantes.

Los procesos geomorfológicos y formadores de suelo están asociados con el vulcanismo, la erosión y la sedimentación. El primero queda ilustrado por las numerosas serranías y macizos montañosos de origen volcánico: Cofre de Perote, Sierra de Chiconquiaco, Sierra de Manuel Díaz. Los procesos sedimentarios son conspicuos en los estuarios de la costa y en el valle endorreico de Perote. La erosión geológica ha descubierto antiguas terrazas marinas en las proximidades de Carrizal. Los suelos responden a esta diversidad de factores formadores (clima, vegetación y roca madre), lo que queda plasmado en la amplia gama de órdenes de la clasificación FAO-UNESCO (ver columnas 4 y 7, Tabla 1). La descripción detallada de más de 10 perfiles edafológicos será motivo de un trabajo especial (Zinke, 1981; para indicaciones, vease Tabla 2).

MATERIALES, METODOS Y PROCEDIMIENTOS

El estudio siguió tres etapas, cuatro si se consideran los estudios especiales de campo y gabinete para la obtención de los estimadores de producción y erodibilidad. Aquí se reportan los resultados del inventario y clasificación en tipos de tierra, cuyos tres pasos cronológicos fueron:

- 1) Reconocimiento general e identificación de sistemas terrestres,
- 2) Delimitación de paisajes, unidades terrestres, conteos y estimación de superficies.
- 3) Formulación y síntesis de las unidades terrestres en tipos de tierra.

Reconocimiento y sistemas terrestres

Esta primera etapa abarcó un período de aproximadamente seis meses. Durante el

mismo, las principales tareas fueron la recolección y estudio de la información existente y la familiarización con las condiciones de campo. Además, se dictó un curso intensivo sobre técnicas de inventario y evaluación de tierras, orientado a la capacitación del personal del proyecto; Durante estos seis meses se realizaron salidas de reconocimiento a aquellas subzonas que la información existente (mapas, imágenes satélite) señalaba como distintas. Se reconocieron vegetación, uso del suelo y grandes grupos de suelos. En esta instancia fue importante el diálogo con agricultores y campesinos para identificar los mayores problemas de manejo de los varios aprovechamientos agropecuarios.

En el gabinete se trabajó con imágenes satélite falso color (LANDSAT 1: 250,000). En ellas fue posible reconocer los grandes tipos de vegetación y los patrones de uso dominantes que se suceden a lo largo del gradiente altitudinal de la región Xalapa. Estas características se relacionan directamente con el tono de la imagen: allí donde la vegetación y/o su estado fenológico cambian, la tonalidad de la imagen también cambia. Los tonos en una imagen falso color son consecuencia de la reflexión de la superficie terrestre en tres bandas espectrales. Aunque la reflectancia depende de la misma superficie terrestre, ella es principalmente consecuencia del tipo de vegetación que cubre la superficie, sus especies dominantes, su estructura (fisonomía), y su condición fenológica (especialmente la presencia/ausencia de hojas). Esto refleja, a su vez, el mosaico de comunidades vegetales naturales y cultivadas que se repiten en la zona. Las imágenes en falso color tomadas en diferentes estaciones del año muestran diferencias de detalle en los colores, pero todavía se pueden reconocer las mismas zonas.

Los diferentes mosaicos de vegetación, en los que se basó la zonificación en las imágenes falso color, resultaron ser buenos indicadores del clima. Esto fue sugerido al analizar los registros de 48 estaciones meteorológicas en la región Xalapa para determinar las relaciones que guardaban con las zonas aludidas (Koterba y Lavín, 1979). Los datos de preci-

TABLA 2
ALGUNAS PROPIEDADES DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS EN LA REGION XALAPA¹

Orden ²	Familia ³	Material Parental ⁴	Color superficial	pH	C.I.C. ⁵ (Eq/m)	ELEMENTOS MAYORES					Problemas
						N ⁵ (g/m)	P ⁵ (mg/m)	K ⁵ (Eq/m)	Ca ⁵ (Eq/m)	Mg ⁶ (Eq/m)	
Regosol	?	Ceniza y escoria volcánica	?	6.5	67	210	2	3.4	28	4	Erosionado
Luvisol	?	Aluviones (ceniza volcánica)	?	7.2	92	290	550	7.7	71	9	Pobre en M.O Erosión Eólica
Regosol	(Xeric eutrandept)	Ceniza volcánica	(10YR 10/14)	6.3	140	600	15	9.3	59	8	?
Litosol	?	Lava	?	6.2							Somero
Andosol	(Typic hydrandept)	Ceniza volcánica	?	6.0	220	3500	20	10.3	48	7	Fijación de P
Latosol	(Typic hydrandept)		(7.5 YR)	5.7	160	1100	1	1.4	12	13	Fijación P. Posi- ble toxicidad de Al y Mn. Deficien- cia de Ca y Ka.
Duripan	(Oxic Ustropept)	Slíce consolidado, ceniza volcánica	(10YR 5/3)	5.6	170	470	11	1.3	92	47	Somero
Rendzina	?	Calcáreo	?	7.6	42	150	8	0.4	38	2	pH alcalinos, drenaje lento, fi- jación de P y po- sible deficiencia de Fe.
Luvisol	(Typic Ustifluent)	Aluviones (princi- palmente calcá- reos)	?	7.0	290	1200	1400	10.6	620	39	
Planosol	(Typic Ustropept)	Basalto	?	6.0	350	1200	300	6.1	180	48	Drenaje, somero toxicidad Fe-Al
Arenosol	?	Calcáreo y arena costera	?	7.4	115	310	950	5.5	870	13	Drenaje excesivo

¹ Las características listadas en esta tabla se basan en un perfil de cada suelo. Los datos completos serán presentados por Zinke (1981):

² Clasificación FAO/UNESCO;

³ Clasificación de la taxonomía de suelos del U.S.D.A.

⁴ Colores de las tablas Munsell;

⁵ Almacenamiento hasta 1 mt. de profundidad.

pitación y temperatura de los años 1964-1977 se promediaron mensual y anualmente, y las estaciones meteorológicas se agruparon con base en tales parámetros climáticos por medio de un programa de análisis de conglomerados (BMDP 3M) del paquete estadístico BIOMED de U.C.L.A. (Dixon, y Brown, 1977), siguiendo el método de agrupamiento de Hartigan (1972). El resultado fue un agrupamiento de estaciones meteorológicas basado en niveles generales y patrones estacionales de precipitación y temperatura. Estos grupos coinciden con las zonas identificadas en las imágenes LANDSAT. De ello concluimos que las zonas de vegetación identificadas en las imágenes falso color reflejan zonas climáticas y que estas últimas, por lo tanto, pueden servir como predictores de la vegetación y cultivos potenciales.

El otro carácter que puede utilizarse de la imagen satélite es su textura, la cual nos indica accidentes orográficos y topográficos

a través de los patrones de drenaje superficial.

A partir de estas observaciones y cotejos de información se delinearon, a la misma escala que la de la imagen satélite, 7 sistemas terrestres. Cinco de ellos obedecen a cambios de tonos y por lo tanto a zonas climático-vegetacionales. Los dos restantes fueron delineados siguiendo la textura de la imagen satélite, la que destaca las características ecológicas y orográficas de la zona. Para cada uno de los sistemas terrestres se preparó una memoria sucinta y los límites se pasaron a mapas base de la Secretaría de la Defensa Nacional de México (escala 1:100,000) para referencia posterior.

Paisajes, unidades e inventario

Esta segunda etapa de labor consumió, aproximadamente, un año de trabajo. Los sistemas terrestres, previamente definidos, fueron descompuestos en paisajes, y

en cada uno de ellos se identificaron las unidades terrestres respectivas.

La escala debía cambiarse y, por lo tanto, los materiales ahora empleados fueron fotografías aéreas verticales, escala 1:50,000 y, allí, donde existían, reducciones o fotomosaicos, a escala aproximada 1:100,000. La mayoría de los pares estereoscópicos provenían del vuelo Misantla, realizado por Aerofoto S.A. en 1968; sin embargo, y para completar la cobertura del área de estudio, también se utilizaron fotografías del vuelo Tamazunchale, de la misma compañía; del año 1967 (escala 1:30,000); del año, 1967 y del vuelo de DETENAL del año 1975 (escala 1:50,000).

Los paisajes presentan patrones repetitivos de relieve dentro de los sistemas terrestres. Estos patrones son, entonces, resultados de procesos geomorfológicos pasados, que se muestran en las fotografías aéreas a través de redes de drenaje superficial y la repetición de unidades topográficas. Los límites de tales paisajes se transportaron sobre acetatos transparentes adheridos a los pares fotográficos. Posteriormente, estos límites se pasaron al mapa base escala 1:100,000 y a partir de este último se calcularon, con planímetro, las superficies de los paisajes.

Cada paisaje está compuesto por un número variable de unidades topográficas, geoformas, o unidades terrestres —como fueron denominados finalmente. Laderas convexas o cóncavas, fondos entre laderas, planos inclinados, terrazas aluviales, etc., son ejemplos de estas unidades terrestres que se observan en visión estereoscópica con los pares fotográficos. En algunos pocos casos las diferencias entre las unidades eran graduales, sin límites nítidos; en estos casos se realizaron compromisos en la fotointerpretación y luego se intensificó el control de campo. Para facilitar su localización, las unidades se representaron, paisaje por paisaje, en su perfil esquemático.

A partir de este momento, o sea cuando se tenían paisajes y unidades terrestres identificados, comenzó la tarea de verificación y control de campo, así como la de muestreo de propiedades claves edáficas,

biológicas y climáticas de cada unidad (Zolá, Sancholuz y Marten, 1981; Portilla, 1980; Arrieta, 1979; Marten y Sancholuz, 1981b). Ya que la mayoría de los resultados de campo se reportan por separado, aquí mencionamos sólo los que estuvieron directamente orientados a ajustar nuestras definiciones de las unidades terrestres; se cotejaron por ejemplo, límites, usos actuales de la tierra, profundidad del horizonte orgánico y pendientes.

Finalmente, para cada paisaje, y sobre la base de un número ya decidido de unidades terrestres, se hicieron los conteos de sus porcentajes respectivos y de los usos a que cada unidad estaba destinado (en el año del vuelo aerofotográfico respectivo). En las fotografías aéreas de todos los paisajes se sobrepuso una malla de puntos opacos y equidistantes. Al observar a la derecha de cada punto con el estereoscópio, fue posible decidir cuál era la unidad y cuál su uso actual. De esta forma inventariamos en las fotografías puntos que, en el terreno, están separados por escasos 500 m. Los usos reconocidos fueron bosque o selva poco perturbado, acahuales o vegetación secundaria, pastizales, cultivos de maíz y caña de azúcar, cafetales, frutales y usos urbanos. El reconocimiento de tales usos se basó en características de tono, textura, y forma propias de cada uno.

Estas características debían ser rápidamente observables en la fotografía para ser cotejadas en el campo en cuanto a su correspondencia con un uso concreto. Por ejemplo, tanto el maíz como los pastizales muestran similares tonos en las fotografías; sin embargo, la textura es distinta, debido a la habitual presencia de árboles en los pastizales y a la ausencia de ellos en las milpas. Por lo demás los linderos de un pastizal son más irregulares que los de una milpa.

Se llevó un registro fonomagnético de los conteos para agilizar y hacer más preciso el inventario de toda el área de estudio. De los conteos en cada paisaje resultó una tabla de doble entrada con porcentajes de unidades terrestres en una dirección, y porcentajes de usos observados en la otra. El

error estandar de la estimación de estos porcentajes es el siguiente (asumiendo que los conteos con la cuadrícula siguen una distribución multinomial):

$$s_{\hat{p}} = \sqrt{\frac{p(100-p)}{n}} \quad (1)$$

p = porcentaje observado de la unidad terrestre

n = número total de conteos (de todas las unidades terrestres) de un paisaje.

Los límites de confianza al 95% de p son: $p \pm 1.96s_{\hat{p}}$. Si se contaran mil puntos en cada paisaje, una unidad terrestre que ocupara el 50% del área tendría tales límites de confianza en $50 \pm 3.1\%$; con ese mismo tamaño de muestra, una unidad terrestre que ocupara 5% del área total tendría los límites de confianza en $5 \pm 1.35\%$.

Tipos de tierra

Los tipos de tierra fueron definidos con posterioridad tanto a los conteos, como al análisis de las encuestas de campo. Dos razones abonaron esta decisión. En primer lugar, podía ocurrir que dos unidades terrestres fueran funcionalmente similares pero, al ser más eficiente su inclusión en distintos paisajes para su conteo y limitación, se habían definido como distintas. En segundo lugar, la naturaleza y cantidad de datos generados en el trabajo de campo no permitía un análisis tan fino de las más de 100 unidades terrestres de la región. Por todo ello se compararon los parámetros biofísicos estimados en el campo, y se reagruparon unidades similares en un número menor de tipos de tierra. Los cálculos de superficies y usos, realizados para cada unidad terrestre, permiten ser agregados por tipos de tierra.

Resultados y Discusión

Si bien dijimos que los objetivos primordiales de este trabajo fueron la identificación e inventario de los tipos de tierra, fue necesario primero definir sistemas terrestres y paisajes. En estos pasos intermedios se obtuvo información que creemos importante reseñar.

En la Tabla 1, presentamos un resumen de las características salientes de cada sistema terrestre. Todas estas características han sido inferidas de información preexistente, aun cuando fue indispensable el uso de la imagen satélite y visitas de reconocimiento para delimitar tales sistemas terrestres (Figura 4).

Los sistemas terrestres fueron concebidos como grandes zonas biogeoclimáticas. Estas representan, a nuestro criterio, verdaderas regiones naturales o regiones ecológicas del centro de Veracruz. Los sistemas terrestres abarcan condiciones de vida y problemas diferentes. En ellos la vegetación tanto natural como inducida está adaptada a los regímenes particulares de luz, temperatura y humedad; en ellos también hay plagas y enfermedades específicas (*vgr.*, fungosis de frutales en Xalapa, virus de la papaya en Carrizal, etc.) y probablemente potencialidades faunísticas peculiares. Por todo ello concluimos que estos sistemas terrestres podían servir de base a la planificación del uso de recursos naturales renovables (por ejemplo, en el diseño de unidades de programación forestal, distritos de temporal, de conservación de suelos, o incluso de asentamientos humanos).

Los paisajes y las unidades terrestres están asociados tanto en su concepción como en su definición y presentación. Ambos resultan de la fotointerpretación: los primeros son cartografiados, los segundos no. Los paisajes representan combinaciones o patrones geográficos de unidades terrestres. En la figura 5 se ejemplifica la secuencia de unidades terrestres de todos los paisajes. Estos perfiles indican, en forma esquemática, la posición relativa y el aspecto de cada unidad terrestre en su paisaje correspondiente. Las memorias completas de cada uno de los paisajes y de sus unidades terrestres se incluyen en otra parte (Zolá, Sancholuz y Marten, 1981).

En la Tabla 3 incluimos la extensión, sistema por sistema y paisaje por paisaje, de todas las unidades terrestres de la región Xalapa. El número de paisajes por sistemas terrestres varía principalmente con la

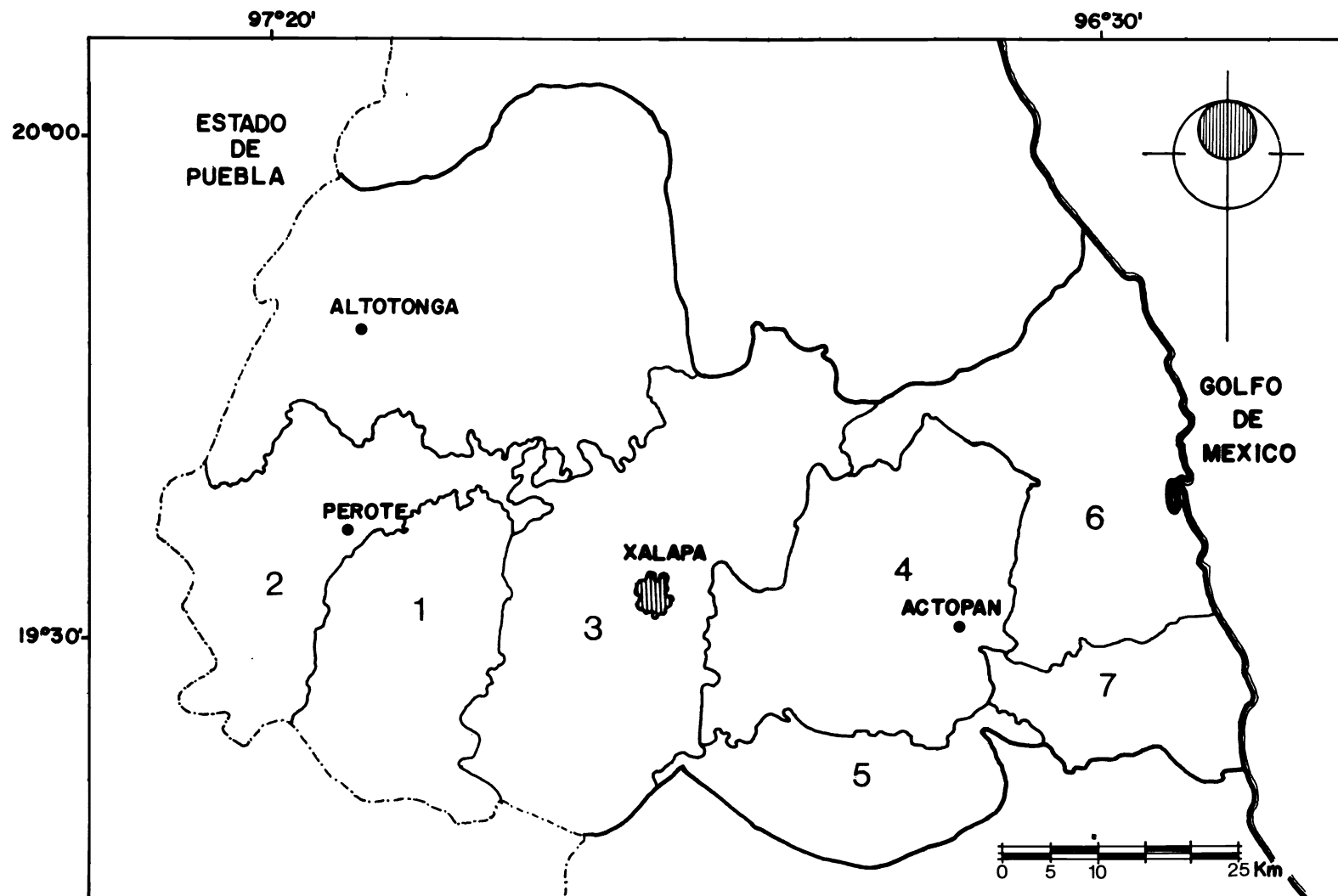


FIGURA 4. Sistemas terrestres de la región Xalapa. 1) Cofre de Perote. 2) Valle de Perote. 3) Xalapa. 4) Dos Ríos. 5) Carrizal. 6) Sierra Manuel Díaz 7) Actopan Antigua.

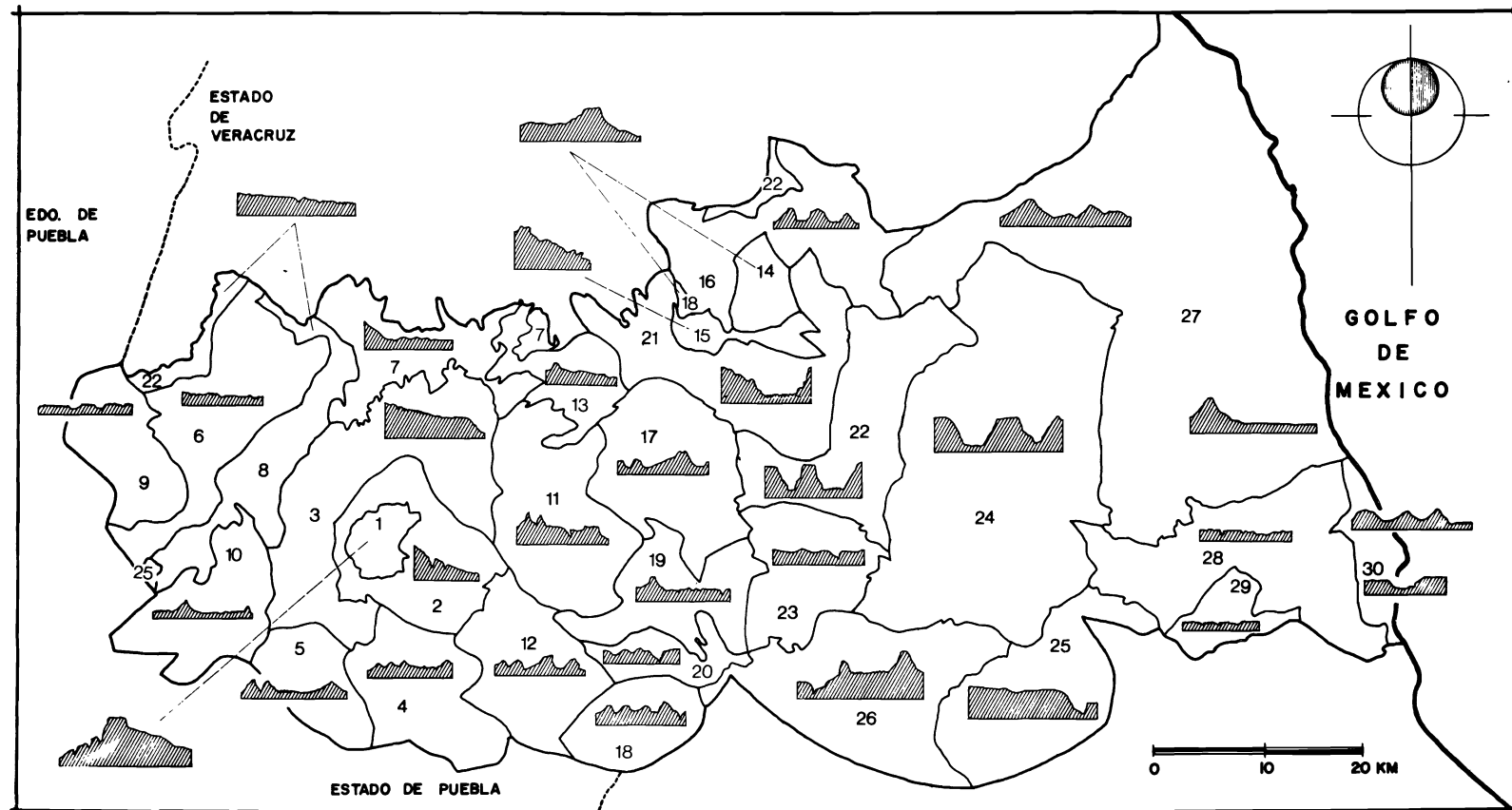


FIGURA 5. Paisajes de la región Xalapa y sus perfiles topográficos característicos. 1) Cofre de Perote; 2) Parte baja Cofre de Perote; 3) Tembladeras-Tenextepec; 4) Ixhuacan de los Reyes; 5) Cerro Tlanalapa-Cerro Bola; 6) Valle de Perote; 7) Las Vigas. 8) Abanicos aluviales Perote. 9) Malpaís Perote; 10) La Gloria. 11) Cerro San Juan. 12) Xico. 13) Acajete. 14) Naolinco I. 15) Naolinco II. 16) Landero y Coss. 17) Xalapa. 18) Teocelo (Cosautlán). 19) Coatepec I. 20) Coatepec II. 21) Malpaís. 22) Barrancas Grandes Cerro Gordo. 23) Tepetates. 24) Barrancas Grandes-Alto Lucero Castillo. 25) Carrizal. 26) Chavarrillo. 27) Manuel Díaz. 28) Aluviones modernos. 29) Aluviones antiguos. 30) Chachalacas.

TABLA 3.
PAISAJES Y UNIDADES TERRESTRES DE LA REGION XALAPA

SISTEMAS TERRESTRES	PAISAJES	UNIDADES TERRESTRES	SUPERFICIES	(km ²)
1. Cofre de Perote	1) Cofre de Perote	1) Barranca	14.4	
		2) Ladera	12.9	
		3) Cresta-roca	2.7	30
	2) Parte baja Cofre de Perote	4) Barranca	60.0	
		5) Ladera	57.0	117
		6) Falda	112.1	
	3) Tembladeras-Tenextepec	7) Ladera	42.8	
		8) Planos	28.3	
		9) Cárcavas y derrames	24.4	
		10) Abanicos	3.3	211
		11) Barranca	56.5	
	4) Ixhuacán de los Reyes	12) Ladera	47.3	
		13) Valle	8.4	
		14) Planos inclinados	7.2	
		15) Fondo	1.6	121
	5) Cerro Tlanalapa-Cerro Bola	16) Barranca	43.0	
		17) Ladera	21.2	
		18) Cárcavas	4.0	
		19) Plano	1.9	70
2. Valle de Perote	6) Valle de Perote	20) Fondo	143.9	
		21) Cárcavas y derrames	22.0	
		22) Faldas	3.1	169
	7) Las Vigas	23) Loma	150.4	
		24) Plan	89.9	
		25) Ladera	20.1	
		26) Fondo	14.6	275
	8) Abanicos aluviales: Perote	27) Abanicos	93.7	
		28) Cárcavas y derrames	30.3	124
	9) Malpaís Perote	29) Malpaís	76.0	
		30) Fondos	18.0	94
	10) La Gloria	31) Abanicos	270.0	
		32) Malpaís	25.1	
		33) Cerros	20.0	
		34) Cárcavas y derrames	15.1	
		35) Planos	7.5	102
3. Xalapa	11) Cerro San Juan	36) Cañada	141.9	
		37) Crestas inclinadas	10.7	
		38) Aluviones	7.4	
		39) Varios	5.0	165
		40) Pendiente	55.2	
	12) Xico	41) Ladera	40.8	
		42) Crestas y planaltos	23.0	119
		43) Malpaís	30.8	
	13) Acajete	44) Falda	29.4	
		45) Fondo	3.2	
		46) Pendiente	0.6	64
		47) Pendiente suave	17.9	
	14) Naolinco I	48) Plan	13.7	
		49) Pendiente	7.4	39
		50) Fondos	12.1	
	15) Naolinco II	51) Pendientes	11.0	
		52) Crestas	6.9	30
		53) Laderas	133.0	
	16) Landero y Coss	54) Crestas	16.4	
		55) Fondo	14.6	164
		56) Ladera	58.9	
		57) Fondo	26.3	
	17) Xalapa	58) Cresta	21.7	
		59) Macuiltepetl	20.2	
		60) Varios	15.5	
		61) Banderilla	12.4	155
		62) Ladera	38.3	
		63) Cresta	18.5	
		64) Fondo	10.6	
	18) Teocelo (Cosautlán)	65) Barranca	3.6	71
		66) Llanos	108.8	
		67) Bajadas Volcancillo	15.2	
		68) Laderas	7.2	

Tabla 3 (Continuación)

SISTEMAS TERRESTRES	PAISAJES	UNIDADES TERRESTRES	SUPERFICIES	(km ²)
		69) Ríos	5.1	
		70) Cresta	2.9	
		71) Fondos	2.9	
	20) Coatepec II	72) Barrancas volcanes	2.9	145
		73) Ladera	25.8	
		74) Barranca	12.4	
	21) Malpaís	75) Fondo	6.8	45
		76) Malpaís	72.0	
		77) Coluviones	72.0	
		78) Aluviones	27.0	
		79) Barrancas	9.0	180
4. Dos Ríos	22) Barrancas Grandes- Cerro Gordo- Reforma	80) Cañada	240.0	1177
		81) Cresta	215.0	
	23) Tepetates	82) Fondo	74.0	529
		83) Cresta	69.4	
		84) Cañada	24.9	
		85) Fondo	14.7	109
	24) Barrancas Grandes- Alto Lucero Castillo	86) Cresta	80.8	
		87) Cañada	67.1	
		88) Fondo	14.8	
		89) Malpaís	7.3	170
5. Carrizal	25) Carrizal	90) Cresta	88.0	808
		91) Plan	74.0	
		92) Cañada-barranca	22.0	
	26) Chavarrillo	93) Fondo	12.0	196
		94) Cañada-barranca	83.2	
		95) Cresta	65.9	
		96) Plan	24.5	
		97) Fondo	19.8	
		98) Terraza	12.6	206
6. Sierra Manuel Díaz	27) Manuel Díaz	99) Barranca	276.0	402
		100) Ladera	269.8	
		101) Mesa	69.5	
		102) Plan	58.6	
		103) Fondo	34.9	
		104) Médano	17.6	
		105) Laguna	15.6	742
7. Actopan Antigua	28) Aluviones modernos	106) Plan	187.3	742
		107) Cauce	29.7	217
	29) Aluviones antiguos	108) Plan	28.9	
		109) Cañada	13.1	42
	30) Chachalacas	110) Médano	43.1	
		111) Fondo	9.2	
		112) Cauce	2.5	55
				314
		TOTALES	4756.0	4756

complejidad del relieve. En algunos pocos casos, pequeñas diferencias climáticas explican tal variación: por ejemplo, en el sistema terrestre Xalapa (Tabla 2, No. 3), hemos distinguido dos subtipos climáticos con grupos de paisajes; San Juan, Acajete y Naolinco son más templados y húmedos que Coatepec, Malpaís o Teocelo. Excepcionalmente, el sistema Manuel Díaz consta de un sólo paisaje de 742 km². En este caso fue más conveniente considerar un sólo patrón porque las mismas unidades, con excepción de las costeras (Fig. 5), se repiten en toda la extensión del sistema terrestre.

A partir de las unidades terrestres y de la información básica colectada de cada una de ellas sintetizamos los tipos de tierra. En la Tabla 4 se incluyen los 33 tipos de tierra resultantes, con sus nombres, superficies, usos actuales y una lista de las unidades terrestres que los componen. Los atributos de cada tipo de tierra se catalogaron siguiendo el formato ejemplificado en el apéndice. Marten y Sancholuz (1981a) discuten cómo se usaron tales atributos para definir las propiedades funcionales (productividad, erosividad) de cada tipo de tierra (véase también Tabla 4 de la mencionada publicación).

TABLA 4
TIPOS DE TIERRA, SUS UNIDADES Y USOS MAS IMPORTANTES

Tipo de tierra	No. de las Unidades Terrestres comprendidas	Total*	SUPERFICIES (Km ²)			
			Cultivos anuales.	Pastizales	Frutales	Bosques
1 Cofre de Perote	1, 2, 3, 4, 11, 16, 33	210	3	16	--	171
2 Falda Ayahualulco	6, 10, 14	123	63	--	--	61
3 Plano conejos	8, 19	30	2	22	--	0
4 Ladera Las Vigas						
Ixhuacan	5, 7, 12, 17, 25	188	63	7	--	111
5 Abanicos Perote	22, 27, 31	131	99	--	--	12
6 Valle Perote	2, 35	151	137	--	--	1
7 Carcavas y derrames	9, 18, 21, 28, 34	96	SU+	SU	SU	SU
8 Malpaís Perote	29, 30, 32	119	17	28	--	74
9 Loma Las Vigas	23	150	85	11	3	51
10 Plano Las Vigas	24, 26	104	65	12	5	17
11 Pendiente fuerte	36, 40, 49, 53	338	50	86	--	200
12 Escarpas cerros	39, 46, 59	26	2	1	--	5
13 Fondos templados	13, 15, 38, 55, 57	58	18	22	6	5
14 Laderas templadas	41, 56	100	21	31	25	23
15 Crestas templadas	37, 42, 54, 58	72	16	18	8	25
16 Planos inclinados	44, 45, 47, 48, 61	77	43	31	--	3
17 Malpaís templado	43, (30%) 60	36	--	--	--	35
18 Malpaís semicálido	76, 89	79	4	4	--	65
19 Barranca semicálida-húmeda	65, 72, 74, 77, 79	100	8	--	42	50
20 Ladera semicálida húmeda	51, 52, 62, 63, 67, 68, 70					
húmeda	73	126	72	2	41	5
21 Plano semicálido-húmedo	50, 64, 66, 71, 75, 78	168	60	--	95	4
22 Fondos tepetate	(35%) 60, 85, (80%) 88	32	13	2	11	3
23 Crestas tepetate	(25%) 60, 83, 86	154	32	71	16	30
24 Cañadas tepetate	(10%) 60, 84	26	1	2	9	14
25 Barrancas semicálidas	80, 87, 92, 94	412	16	65	29	299
26 Crestas onduladas	81, 101	285	63	80	1	132
27 Aluviones y terrazas	82, (20%) 88, 93, 97, 98					
102, 103, 106, 108		431	273	35	35	89
28 Crestas rendzina	90, 95	154	29	9	--	113
29 Planos rendzina	91, 96	99	72	1	1	21
30 Cerros costeros	99	276	--	90	--	186
31 Laderas costeras	100, 109	283	22	139	31	120
32 Médanos	104, 110, 111	70	14	5	2	15
33 Lagunas	69, 105, 107, 112	53	7	3	1	35
TOTALES		4,756	1,370	793	361	1,975

* Superficie del tipo de tierra; las diferencias con los usos señalados se deben a usos urbanos y/o suelos descubiertos de vegetación.

+ Sin uso ya que son suelos altamente erosionados.

Nuestro concepto de tipo de tierra está íntimamente relacionado con la homogeneidad de la propiedades funcionales investigadas. Estamos conscientes de las limitaciones que ello conlleva. Por una parte, resumimos procesos complejos en unos pocos indicadores de fácil medición.

Por otra parte, no pudimos simplificar y/o inventariar todos los procesos que podrían tener relevancia en la planeación ecológica del uso de la tierra (*vgr.*, potencial regenerativo de la vegetación, de la fauna, valores escénicos, niveles de contaminación, etc). Por último, la homogeneidad de

nuestros tipos de tierra incluye cierto grado de subjetivismo debido a que no contamos con información precisa y abundante de sus propiedades definitorias. Creemos, sin embargo, que todas estas limitaciones deben analizarse a la luz de los objetivos que guiaron la investigación.

Resumen y Conclusiones

Hemos presentado un enfoque jerárquico a la clasificación e inventario de la tierra para su uso en la planeación ecológica regional. Los resultados en la Región Xalapa fueron: 7 sistemas terrestres y subregiones ecológicas, 30 paisajes o patrones de relieve y 33 tipos de tierra basados en propiedades climáticas, edafológicas y de uso. Por medio de este procedimiento alcanzamos nuestro objetivo de identificar, catalogar, e inventariar unidades discretas del territorio, homogéneas en cuanto a productividad y uso potencial sostenido.

Las ventajas del enfoque son varias: la cobertura del área estudiada fue intensiva (o sea que se distinguieron unidades muy próximas entre sí en el campo); los costos son relativamente bajos (aproximadamente \$5/ha. en 1977); y su ejecución es rápida (aproximadamente 3 años-investigador). Una ventaja adicional es que los tipos de tierra se pueden inventar simultáneamente con sus usos respectivos.

Problemas también los hay. El más conspicuo es la subjetividad asociada con

la tarea de delimitar y dividir cualquier territorio. La experiencia profesional y el conocimiento regional son los factores claves para reducir tal subjetividad. En nuestro caso incluimos la capacitación del personal como requisito para el desarrollo de los trabajos —mismos que se vieron facilitados por el extremado contraste topográfico del área de estudio. El uso generalizado de nuestras unidades territoriales está limitado por la carencia de correlatos cartográficos de las unidades menores; estas unidades se pueden identificar en el campo con los perfiles esquemáticos de cada paisaje, pero ello es un trámite más engorroso que el resultante de la simple consulta de un mapa. Nuestro objeto de estudio, sin embargo, fue la región, y a ese nivel tuvimos que ajustar nuestro esfuerzo.

Agradecimientos

El Dr. Paul Zinke colaboró activamente en nuestra formación, entrenamiento, y en las primeras versiones de los sistemas terrestres y paisajes. El Dr. Jorge Morello nos asesoró en las primeras etapas del proyecto. La dirección de Agrología de la SARH-Xalapa nos permitió consultar los resultados de investigaciones inéditas. Mónica Adler puso a punto las técnicas de inventario de fotografías aéreas. A todas estas personas queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento sin que ello signifique su compromiso con los errores u omisiones aquí incurridos.

BIBLIOGRAFIA

- ARRIETA, A.A. 1979. Influencia de variables climáticas en la productividad del maíz. Tesis Facultad de Biología. Universidad Veracruzana, México, 39 p.
- BECKETT, P.H.T. y WEBSTER, R. 1965. A classification system for terrain M.E.X.E. Report 872, M.E.X.E. Christchurch, Hampshire. U.S.A.
- CHRISTIAN, C.S. y STEWART, G.A. 1968. Methodology of integrated survey *In: Aerial Surveys and Integrated Studies*. Proc. Toulouse Conference. UNESCO. Paris, pp 233-280.
- DIXON, W.J. y BROWN, M.B. 1977. BMPD-77. Biomedical Computer Programs Pseries. Univ. Calif. Press, Los Angeles. 880 p.
- GOMEZ-POMPA, A. 1978. Ecología de la vegetación del Estado de Veracruz, Compañía Ed. Continental, S.A. México. 93 p.
- HARTIGAN, J.A. 1972. Direct clustering of a data matrix. *J. Amer Stat. Assoc.* 67: 123-129.
- HILL, G.A., LOVE, D.V. y LACATE, D.S. 1970. Developing a Better Environment: Ecological land use planning in Ontario. Ontario Economic Council. Toronto.
- HOLDRIIDGE, L.R. 1971. Forest environments in tropical life zones. Pergamon, Oxford. 747 p.

- KOTERBA, M.T. y LAVIN, M.A. 1979. Metodología para la clasificación de climas en la región Xalapa. Ponencia en el Seminario de Planeación Ecológica Regional del Uso de la Tierra. INIREB, Xalapa, Ver. Méx. agosto 1979.
- LACATE, D.S. 1969. Guidelines for Bio-Physical Land Classification. Dept. of Fisheries and Forestry, Canadian Forest Service; Pub. No. 1264, Ottawa.
- MARTEN, G.G. y SANCHOLUZ, L.A. 1981a. Planeación ecológica del uso de la tierra y evaluación de la capacidad de sustentación en la Región Xalapa. *Biotica* 6 (2): 123-153.
- MARTEN, G.G. y SANCHOLUZ, L.A. 1981b. El maíz como indicador de productividad de la tierra en la región Xalapa. *Biotica* 6 (2): 175-182.
- MOSS, M.R. 1975. Biophysical land classification schemes: a review of their relevance and applicability to agricultural development in the humid tropics. *Journal of Environmental Management* 3: 287-307.
- MOOSER, F.A. y PALACIOS, M. 1977 Plano geológico Xalapa-Veracruz-Misantla. Comisión Federal de Electricidad, Xalapa, Ver., México.
- PONCE, H.R., y CUANALO. H. 1978. La regionalización del ambiente basada en la fisiografía y su utilidad en la producción agropecuaria, en agroecosistemas de México. Col. Postgraduados de Chapingo, pp. 41, 69. México.
- PORTILLA. O.E. 1980. Suelos en la Región Xalapa y su relación con la productividad. Tesis de Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, México, 39. p.
- SARH, 1974. Estudio Piloto de Uso Potencial del Suelo en la Costa de Veracruz. Plan Nacional Hidráulico. México. 36 p. Mimeografiado.
- UNIVERSIDAD VERACRUZANA. 1967. Análisis socio-económico del Estado de Veracruz, Tomo II. Cuadernos de la Facultad de Economía No. 1. Xalapa, Ver.
- YOUNG, A. 1968. Natural Resources Surveys for land Development in the Tropics. *Geography* 53: 229-248.
- ZINKE, P. 1981. Suelos en la región de Xalapa: perfiles y análisis nutricionales. (En preparación).
- ZOLA B., M.G., SANCHOLUZ, L.A. y MARTEN, G., 1981. Resultados de la clasificación de la tierra en la región Xalapa. INIREB, Cuadernos de divulgación. (En preparación).

APENDICE

TIPO DE TIERRA: laderas templadas	FRANCO: (franco 47.1%)
SUPERFICIE HA: 23,245	(limo 35.3%)
	(arcilla 17.0%)
UNIDADES QUE LA COMPONEN: 41), 56)	USOS AGRICOLAS: maíz, algo de caña de azucar
COMENTARIOS: laderas inclinadas pero no tanto como las de otros paisajes más disectados (i.e. Landero y Coss, C. San Juan); suelos profundos con posibilida- des de resistir la erosión a que los somete la agricultura de escarda.	SUPERFICIE AGRICOLA (ha) 2089
PAISAJES QUE APORTAN UNIDADES: Xalapa, Xico	USOS PASTIZALES: "gramas amargas" estrella pangola kikuyo
RANGO DE ALTITUDES: 1350-1650	SUPERFICIE BAJO PASTOS (ha): 3063
FORMA DE RELIEVE: plano	USO FORESTAL: bosque caducifolio (<i>Li- quidambar, Carpinus, Ostrya</i>) encinares de mediana altitud (<i>A. penducularis, Po- lymorpha</i>). Muy perturbado.?
% DE PENDIENTES: $\bar{X} = 23.1$ S = 1.8	SUPERFICIE: (CON BOSQUE O ACA- HUALES) (ha): 15608
SUELOS: latosoles pardo-amarillos	USO FRUTAL: café y algo de cítricos en Xalapa
PROFUNDIDAD DEL SUELO A LA ROCA MADRE (clases 1-5) $\bar{X} = 4.3$ S = .1	SUPERFICIE BAJO FRUTALES ha: 2483
PROFUNDIDAD DEL HORIZONTE ORGANICO (cm) 20-30	ETP (MILIMETROS ANUALES): $\bar{X} = 615$ S = 17
PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL %: $\bar{X} = 5.4$ S = 1.2	FACTOR "R" EROSION: 330
MATERIA ORGANICA%: $\bar{X} = 7.9$ S = 2.2	INDICE DE PRODUCTIVIDAD: .73
TEXTURAS: franco	PROBLEMAS VARIOS: fijación de fósfo- ro, pH ácido