

**La regionalización geomorfológica como base
geográfica para el ordenamiento del
territorio: una revisión bibliográfica**

Manuel E. Mendoza
Gerardo Bocco

Impreso en:

Instituto de Geografía, Univ. Nal. Autón. México.
Serie Varia (5): 25 - 55.

La regionalización geomorfológica como base geográfica para el ordenamiento del territorio: una revisión bibliográfica

Manuel E. Mendoza¹
Gerardo Bocco¹

Resumen

El ordenamiento territorial se concibe como una herramienta de gran utilidad en la planeación el cual se puede definir como un conjunto de procedimientos cuyo fin es organizar las actividades humanas y el espacio en que éstas se desarrollan, con miras al desarrollo sustentable de las actividades productivas.

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados de una revisión exhaustiva de las características de los enfoques en regionalización, con el fin de proporcionar las bases teóricas y metodológicas de la planificación físico-geográfica.

Existen varios enfoques para desarrollar esquemas de regionalización con el objetivo de evaluar el territorio con fines de planificación, los cuales se pueden agrupar por su carácter jerárquico y origen. En este trabajo se han englobado en dos categorías, aquellas de carácter internacional y las propuestas a nivel nacional.

Abstract

Land use planning involves the organization of human activities considering the spatial context where they take place, toward a sustentable development. This paper reviews the general characteristics of the regional approach, in order to provide with theoretical and methodological background for physical geographical planning. Both national and international references are discussed, being most of the approaches of hierarchical nature.

Introducción

El ordenamiento territorial es una herramienta de gran utilidad en la planeación, teniendo relevancia tanto en orden espacial como sectorial a mediano y largo plazos. Se puede definir como un conjunto de procedimientos cuyo fin es organizar las actividades humanas y el espacio en que éstas se desarrollan, con miras al desarrollo sustentable de las actividades productivas.

En México este concepto se ha venido desarrollando desde finales de la década de los 80's. Sin embargo, el concepto es aún susceptible de análisis. Una de las cuestiones centrales son los esquemas de regionalización necesarios para la evaluación de la aptitud del terreno, paso previo del ordenamiento.

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados de una revisión de las características de los enfoques en regionalización, con el fin de proporcionar las bases teóricas y metodológicas de la planificación físico-geográfica (Mendoza-Cantú, 1997).

Existen varios enfoques para desarrollar esquemas de regionalización con el objetivo de evaluar el territorio con fines de planificación, los cuales se pueden agrupar por su carácter

¹Instituto de Ecología-UNAM

jerárquico y origen. En este trabajo se han englobado en dos categorías, aquellas de carácter internacional y las propuestas a nivel nacional.

Enfoques desarrollados a nivel internacional

a) Levantamiento de Tierras

Una de las primeras propuestas metodológicas, conocida como Levantamiento de Tierras, fue diseñada en el C.S.I.R.O. (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*), en Australia durante la Segunda Guerra Mundial, concretamente entre 1943 y 1945.

Este método se apoyó en el uso sistemático de fotografías aéreas. La fotointerpretación del medio natural estaba encaminada a reconocer las características de un continente casi vacío, a través de estudios a pequeña escala (1:1,000,000; 1:500,000) y en ocasiones mediana (1:250,000) de las porciones menos conocidas de Australia (Tricart y Kilian, 1982; Bolós, *et al.*, 1992).

Al apoyarse en el uso de fotografías aéreas se considera al método de Levantamiento de Tierras como de carácter fisonómico y fisiográfico, donde se reconocen los tipos de paisaje con ayuda de transectos tipo sobre el terreno, en los cuales se recopila información complementaria sobre tipos de vegetación, roca y suelos.

Los niveles taxonómicos de este sistema son tres:

Sistema de Tierras (*Land System*): constituye el nivel más elevado que en la práctica corresponde al de región natural, como planicie litoral, un delta o una altiplanicie.

Unidades de Tierra (*Land Units*): corresponde a las unidades de relieve comprendidas en la unidad anterior, de las que forman parte, por ejemplo valles que cortan una mesa o cerros testigo.

Facetas de Terreno (*Land Facies*): constituyen la unidad inferior. Estas unidades inferiores no han sido bien definidas, y se han utilizado muy poco, al parecer corresponden a elementos del relieve como cornisas, conos de deyección, entre otros.

Los informes de estos levantamientos contienen un mapa de unidades naturales, complementado con uno de vegetación, de suelos, y en ocasiones pluviométricos y geomorfológicos; tablas que representan la leyenda resumida con la información que caracteriza a cada unidad natural y bloques diagramáticos donde se representan los componentes naturales de las unidades sobre modelos tridimensionales.

Las críticas más importantes que se le han hecho al sistema de Levantamientos de Tierras, radican en su inminente carácter empírico y descriptivo, además de las limitaciones propias de la fotointerpretación a escala pequeña.

b) Levantamiento Geomorfológico

Otra corriente metodológica corresponde a la basada en un enfoque de carácter estrictamente geomorfológico, denominado Sistema de Levantamiento Geomorfológico, establecido por el Instituto de Levantamientos Aeroespaciales y Ciencias de la Tierra (ITC), en Enschede, Países Bajos (Verstappen y Van Zuidam, 1991), reconocido como una estrategia útil para la delimitación de unidades físico-ambientales, además de considerarse como una de las principales fuentes de datos para el entendimiento integral del medio con fines de planificación de recursos (Verstappen, 1977, 1983; Van Zuidam y Van Zuidam-Cancelado, 1979; Verstappen y Van Zuidam 1991). El Sistema de Levantamiento Geomorfológico del ITC está basado en un acercamiento paisajístico, en el cual el muestreo paramétrico es necesario, especialmente en los niveles de levantamiento semidetallado y detallado (Verstappen y Van Zuidam, 1991).

Van Zuidam (1986) define tres niveles de levantamiento geomorfológico en relación a los objetivos y escalas de representación cartográficas.

- **Levantamiento de reconocimiento:** mapeo en escala pequeña (frecuentemente menor a 1:100,000), el cual requiere verificación de campo de áreas clave y extensa extrapolación y generalización de información.
- **Levantamiento a semidetalle:** mapeo a escalas medias a pequeñas (1:10,000 a 1:100,000), en el cual se realiza mayor verificación de campo y menor extrapolación y generalización de información.
- **Levantamiento detallado:** mapeo en escalas grandes y medianas (escala mayor a 1:25,000) requiere intensa verificación de campo con poca extrapolación y generalización de información.

Por otra parte el mapeo de unidades se realiza en cuatro niveles de clasificación jerárquica, los cuales pueden enfatizar diferentes aspectos de la geomorfología o su uso potencial (Van Zuidam, 1986).

Provincia de terreno (*Land province*): son las unidades mayores dentro de las cuales se combinan las asociaciones de sistemas y unidades de terreno. Una provincia es ampliamente uniforme en características genéticas, de relieve, clima o litología. La escala de mapeo es frecuentemente menor a 1:250,000; es utilizado para la identificación de sitios provisionales para proyectos de desarrollo o como guía para la planeación y desarrollo, puede también funcionar como marco para estudios de mayor detalle.

Sistema de terreno (*Land system*): se refiere a una unidad de paisaje de relieve característico desarrollado en un cierto ambiente ecológico, frecuentemente determinado por génesis, litología o clima. Un sistema de terreno reflejará patrones repetitivos de geoformas similares y genéticamente relacionadas, las cuales pueden ser distinguidas de otras formas en el terreno circundante. Las escalas de mapeo de los sistemas de terreno son principalmente

mayores a 1:250,000. Son utilizadas para facilitar el levantamiento de terreno en proyectos de desarrollo con múltiples propósitos.

Unidad de terreno (*Land unit*): se refiere a una geoforma o asociación de geoformas homogéneas o relativamente complejas para una característica de terreno particular o un patrón de componentes de terreno. Una unidad de terreno refleja características externas e internas distintivas de aquellas geoformas que las rodean (con las cuales existe relación genética dentro del mismo sistema de terreno). El relieve, la litología y la génesis son los principales criterios de clasificación. La escala de los mapas en los cuales se representa únicamente geoformas/unidades de terreno pueden variar de 1:10,000 a 1:100,000. Son usadas en la planeación detallada para proyectos de desarrollo.

Elemento de terreno (*Land component*): sobre este nivel no hay ninguna generalización en las clases areales. Conforman la clase de terreno más pequeña, en la cual el relieve es el criterio más importante de clasificación. Las unidades son básicamente uniformes en geoforma, litología, suelo, vegetación y procesos; sin embargo, una forma de terreno, o característica puede ser predominante. La escala de los mapas en los cuales tales componentes de terreno son representados es generalmente 1:10,000 o mayores. Es usado para proyectos de desarrollo especial de ingeniería o manejo.

El método reconoce una concepción sistémica o paisajística para las unidades de relieve, es decir, considera que por sus atributos cada unidad presenta distintos tipos de procesos de modelamiento o retrabajo por efectos de las condiciones climáticas controladas por el tipo de roca, suelos y cobertura, como consecuencia cada unidad tiene una función ecológica distribuida en el espacio.

Entre los trabajos realizados bajo este enfoque, se pueden mencionar los de Bocco (1986; López-Blanco y Villers-Ruiz (1994) y López-Blanco (1994); en los cuales se ha seguido total o parcialmente la metodología descrita.

c) Enfoque morfopedológico (sensu Tricart y Killian)

La siguiente corriente metodológica ha sido desarrollada por el grupo de trabajo del Centro de Geografía Aplicada en Francia. Utiliza un enfoque morfopedológico con el fin de llegar al ordenamiento del medio natural. En la propuesta se integran los estudios del medio natural con los aspectos humanos sobre la base de un trabajo multidisciplinario que salvaguarde y mejore las condiciones ecológicas frente a la expansión demográfica (Tricart y Killian, 1982).

El principio básico de la delimitación de unidades se encuentra en el balance morfogénesis-pedogénesis, propuesto por Tricart (1965). Los procesos de morfogénesis y pedogénesis se realizan sobre un mismo medio y están influenciados por los mismos factores (clima, vegetación, materiales litológicos, hombre, entre otros) (Rossignol, 1987).

Las unidades delimitadas en los mapas morfopedológicos son documentos de síntesis que presentan una visión global del paisaje y al mismo tiempo los diferentes aspectos que lo

componen (Rossignol, 1985). Por lo tanto no son la sobreposición de mapas temáticos, sino una síntesis de los diferentes elementos del medio natural (Rossignol, 1987)

El método de ordenamiento en el cual esta involucrado el enfoque implica la realización de cuatro pasos (Fig. 1):

- i) Conocimiento inicial o fase de análisis
- ii) Diagnóstico o evaluación
- iii) Búsqueda de soluciones
- iv) Aplicación de soluciones

El sistema morfopedológico rebasa las características de un sistema de mapeo, éste se liga estrechamente a los aspectos relativos al ordenamiento de terreno y manejo de recursos. El sistema incluye los conceptos de estabilidad, inestabilidad y penestabilidad, que incorporan en la evaluación una pieza conceptual básica en relación al grado de fragilidad de las unidades de mapeo. Este enfoque metodológico fue ampliamente utilizado en México por el personal del desaparecido Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB; hoy Instituto de Ecología, A.C.), principalmente en localidades del estado de Veracruz (Geissert y Rossignol, 1987).



Figura 1 Programación de un ordenamiento natural. Tricart y Kilian (1982).

e) Ecología del paisaje

El enfoque descrito se relaciona con el concepto de Ecología del Paisaje. Esta fue definida por Troll en 1950 como el estudio de las relaciones físico-biológicas que gobiernan las diferentes unidades espaciales de la región (Forman y Godron, 1986). Considera que las relaciones son verticales, dentro de las unidades espaciales, y horizontales entre las propias unidades espaciales. La base epistemológica general está dada por la Teoría General de Sistemas de Von Bertalanffy (1938), pues la ecología del paisaje se basa en la concepción holística de la realidad, en particular del paisaje.

Los levantamientos de ecología del paisaje tienen como finalidad primordial llegar a referir la dinámica de los procesos ecológicos y su variación temporal, a la dinámica espacial de los ecosistemas con el objeto de aportar información y criterios para el manejo ecosistémico dentro del contexto de planificación del uso de la tierra o suelo, aproximándose al ordenamiento territorial (Forman y Godron, 1986; Etter, 1991).

El enfoque moderno de los levantamientos se basa en la realización de un análisis integrado de los factores formadores del paisaje, es decir, litología, geformas, agua, suelos, vegetación y uso de la tierra y sus asentamientos humanos asociados y estructura, apoyado en el estudio de los patrones visibles (fenosistémicos), los cuales están compuestos de aspectos fisionómicos o estructurales externos. Los patrones expresan la integración de los factores (Zonneveld, 1979; Etter, 1991).

La fuentes de información utilizadas se clasifican en fuentes de primera mano, como es la interpretación de imágenes de satélite y aerofotografías, así como de la información obtenida en campo; y en fuentes de segunda mano, representadas por la cartografía topográfica y temática, información bibliográfica y varias clases de registros.

Relacionado con el tipo de información obtenida y de los objetivos planteados se puede generar un levantamiento que se clasifica, según el Centro de Investigaciones Aeroespaciales de Colombia (CIAF) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), por su nivel de análisis en: exploratorio, de reconocimiento, semi-detallado y detallado. La escala de representación de acuerdo al nivel de análisis se presenta en la Cuadro I (Etter, 1991). A cada nivel de representación le corresponde alguna unidad jerárquica de mapeo, se han propuesto para la Ecología del Paisaje cuatro niveles jerárquicos (Zonneveld, 1979):

Paisaje principal: corresponde a la combinación de sistemas de terreno.

Sistema terrestre: es una combinación de facetas de terreno, al mismo tiempo se considera una unidad de mapeo representable a escalas de reconocimiento.

Faceta terrestre: es una combinación de sitios, formando conjuntamente un patrón (las facetas se encuentran relacionadas en el espacio). Al mismo tiempo están fuertemente conectadas en términos de las propiedades de al menos un atributo o componente del terreno. Este atributo es frecuentemente la forma de terreno, aunque puede ser el suelo o la roca.

Ecotopo: unidad holística inferior, caracterizada por su homogeneidad en al menos un atributo.

Cuadro I Niveles de análisis aceptados y utilizados en el CIAF-IGAG. Modificada de Etter (1991).

Nivel de Estudio	Escala Análisis	Principal Escala de Análisis
Exploratorio	<1:250,000.00	1:500,000
Reconocimiento	1:75,000-1:250,000	1:100,000
Semidetallado	1:25,000-1:75,000	1:50,000
Detallado	>1:25,000	1:10,000

La metodología de estos levantamientos es explicada ampliamente por Zonneveld (1979) y Etter (1991), la cual en síntesis incluye tres fases.

La *fase preliminar*: consiste en la elaboración de un modelo hipotético preliminar del área de estudio, representado por mapas o esquemas con base en la información disponible y al conocimiento previo. Esta fase incluye el planteamiento de objetivos, definición del nivel de detalle, delimitación del área de estudio, recopilación y estudio de la información de segunda mano a fin de proporcionar un marco de referencia acerca de la geología, geomorfología, uso de suelo; fotointerpretación y elaboración de cartografía preliminar, además del diseño y elaboración de un plan de muestreo y trabajo de campo.

La *fase de campo*: donde se realiza la comprobación y la caracterización específica del modelo o mapas preliminares. Contempla el reconocimiento general del área de estudio, muestreo de las variables, aspectos biofísicos y socioeconómicos en las unidades preliminares de mapeo, que permite un adecuado análisis posterior de correlación, un análisis preliminar de la información y recolección de información secundaria de instituciones locales.

La *fase final*: se analiza la información de campo, se realiza el ajuste necesario y la elaboración del modelo definitivo, ella involucra la identificación, análisis de laboratorio y ordenación del material de campo; determinación de unidades de clasificación para diversos parámetros, análisis de matrices de correlación, reinterpretación de imágenes y fotografías aéreas; reelaborando, ajustando una leyenda y cartografía final, hasta llegar a la elaboración del informe definitivo.

Este enfoque es, tal vez el más integral de todos los anteriormente descritos, la contribución principal es el enfoque sistémico en la interpretación de las unidades de mapeo. Bajo este enfoque se ha realizado en el sur de la Cuenca de México un estudio de ecología y conservación del conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) (Velázquez-Montes, 1993). En el Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia, como parte de su Plan de Acción Forestal contempla la elaboración de una caracterización del paisaje con criterios similares a los expuestos en párrafos anteriores, (Andrade y Etter, 1987; Andrade, 1994; Andrade y González, 1995; Leal, Otero y Romero, 1995).

c) Levantamiento geopedológico

Es un sistema de clasificación jerárquico propuesto por J. A. Zinck (1988), utilizado como auxiliar en el levantamiento de suelos y por ende de recursos naturales. Reconoce seis niveles de categorización a partir de la percepción o identificación superficial de los distintos rasgos del ambiente por parte del hombre. La clasificación se encuentra muy ligada a conceptos de índole edafológico, por lo cual se utilizan términos propios de la ciencia del suelo como son orden, suborden, familia, subfamilia para las diferentes jerarquías y taxa para indicar las distintas unidades que se encuentran contempladas en cada nivel jerárquico. Este último punto (taxa) representa un avance significativo, debido a que en ninguna clasificación previa se definían con precisión las unidades de relieve contempladas en cada orden jerárquico. A continuación se definen los seis niveles propuestos.

Goestructura (*Goestructure*): se define como una porción continental caracterizada por una estructura geológica específica (edad, naturaleza de las rocas, estilo tectónico). Se relaciona con la Tectónica de Placas. En la clasificación corresponde a la categoría de ORDEN. Para su delimitación es necesaria información espacial con una resolución similar a la de imagen de satélite de baja a media resolución, por ejemplo, AVHRR o Landsat, para estudios cuyos resultados se presentan a escala cercana a 1:1,000,000.

- Taxa o elementos que la constituyen

Cordillera.

Escudo.

Geosinclinal (o cuenca sedimentaria).

Ambiente morfogenético (*Morfogenetic environment*): es un amplio tipo de medio biofísico, fundamentalmente originado y controlado por un estilo geodinámico interno y externo o combinación de ambos. Se clasifica como una unidad con jerarquía de SUBORDEN. Para su delimitación es necesaria información espacial con una resolución de imagen aerofotográfica de vuelo alto o de satélite tipo MSS, usada en estudios cuyos resultados se presentan a una escala aproximada de 1:500,000.

-Taxa o ambientes incluidos

Ambiente estructural.

Ambiente de depósito.

Ambiente erosivo (o denudativo).

Ambiente de disolución.

Ambiente residual.

Ambientes mixtos.

Paisaje geomorfológico (*Landscape*): gran porción de terreno caracterizada ya sea por una repetición de relieves similares, o por una asociación de tipos de relieve distintos. Una planicie aluvial activa puede estar constituida por una repetición sistemática de los mismos tipos de

relieve, llamados planicies de inundación. Un valle muestra una asociación de varios tipos de relieve, tales como planicies de inundación, terrazas, abanicos y glaciares. Se clasifica como una unidad con jerarquía de GRUPO. Para su delimitación es necesaria información espacial con una resolución de imagen aerofotográfica de escala media o imagen de satélite de alta resolución tipo TM para estudios cuyos resultados se presentan a escala de 1:250,000.

-Taxa o geformas incluidas

Valle
Planicie
Peniplanicie
Altiplanicie
Piedemonte
Lomeríos
Sierra

Relieve/modelado (*Relief/molding*): definido a partir de la conceptualización de los términos que lo constituyen.

Relieve: geforma determinada por una combinación dada de estructura geológica y topográfica (por ejemplo: cuesta).

Modelado: geforma determinada por las condiciones morfoclimáticas específicas o procesos morfogenéticos (por ejemplo: glaciar, abanico, terraza, delta).

Se clasifica como una unidad con jerarquía de SUBGRUPO. Para su delimitación es necesaria información espacial con una resolución imagen SPOT o fotografía aérea. Estas unidades se representan a escala 1:50,000.

-Taxa

Con objeto de conocer una colección más amplia de unidades taxonómicas a este nivel se recomienda revisar diversos manuales de geomorfología (por ejemplo: Demek, 1972, 1976; Verstappen, 1977, 1983; Van Zuidam y Van Zuidam-Cancelado, 1979; Verstappen y Van Zuidam, 1991).

Litología/facies (*Lithology/facies*): se refiere a la naturaleza petrográfica de la roca dura (gneis, caliza, basalto) y a las facies de las formaciones superficiales blandas (periglacial, lacustre, aluvial). Se clasifica como una unidad con jerarquía de FAMILIA. Para su delimitación es necesaria información espacial obtenida del muestreo en el campo. Unidades representadas a escala 1:50,000.

Los tipos de geformas, ya sean acumulativas o denudativas, se desarrollan sobre distintos materiales, éstos pueden ser la roca dura o distintos tipos de depósito (facies). La ubicación dentro de la información litológica y facies sedimentarias en niveles inferiores de la clasificación

está en función de la importancia que tienen éstos en el desarrollo de los distintos tipos de suelo.

-Taxa o información involucrada

-Clases de roca (clasificación convencional de rocas)

Rocas ígneas

Rocas sedimentarias

Rocas metamórficas

-Facies de los materiales

Nival (nieve)

Glacial (hielo, glaciares)

Periglacial (hielo, gelifracción, termoclastismo)

Aluvial (flujos de agua concentrados; fluvial = río)

Coluvial (flujos de agua difusos)

Diluvial (flujos de agua torrenciales)

Lacustre (depósitos de lago)

Litoral o costero (acciones y depósito a lo largo de la franja entre el continente y el océano; intermareal)

Movimiento de masas (flujos de escombros líquidos y plásticos; deslizamiento)

Gravitatorio (caída de rocas)

Volcánico (flujos superficiales o de caída de materiales ígneos extrusivos)

Biogénico (arrecife de coral)

Mixto (fluvio-glacial, coluvio-aluvial, fluvio-volcánico)

Antrópico

Forma de relieve (*Landform*): se considera el concepto genérico para el nivel menor del sistema jerárquico propuesto. Es la unidad geomórfica elemental, la cual puede ser subdividida sólo por medio de fases. Tipo de geofoma básica y conspicua caracterizada por una combinación única de geometría, dinámica e historia. Se clasifica como una unidad con jerarquía de SUBFAMILIA. Para su delimitación es necesaria información espacial obtenida de un intenso muestreo en el campo. Se representa a escala mayor de 1:50,000 (1:25,000).

-Taxa

Son las formas específicas de relieve agrupadas de acuerdo a su forma topográfica, origen y edad como se muestra en el Cuadro II.

El enfoque jerárquico de este sistema se basa en la delimitación de rasgos a partir de una mayor abstracción y generalización de información para las unidades mayores; mientras que las unidades menores se delimitan mediante un proceso de definición con mayor detalle. Las

unidades mayores siempre implican una utilización menor de atributos, contrariamente a las unidades mayores (Cuadro III).

Bajo este enfoque se ha realizado el levantamiento de una zona volcánica en el centro de México, con el fin de reconocer la relación entre las distintas formas de relieve y la erosión acelerada en forma de cárcavas (Vázquez-Selem, 1992), y en la Cuenca del Río Tijuana, constituida principalmente de rocas granitoides, con el objetivo de formular un modelo geomorfológico regional que permita un análisis del uso de suelo actual (Chávez-Velazco, 1996).

Cuadro II Definición de las formas de relieve. Modificado de Zinck (1988).

Definición de formas de relieve		
Morfografía Morfometría	Morfogenésis	Morfocronología
= Forma topográfica	= Posición geomórfica	= Unidad geocronológica
Planicie	Planicie de inundación ordinaria	Holoceno Pleistoceno Superior Pleistoceno Inferior
	Planicie de inundación extraordinaria	Holoceno Pleistoceno Superior Pleistoceno Inferior
Forma de relieve= Forma topográfica + Posición geomórfica + Unidad geocronológica = Marco de formación de suelos		

Cuadro III Esquema básico de la clasificación taxonómica. Zinck (1988).

Nivel	Categoría	Concepto genérico			
6	Orden	Geoestructura	↑	Abstracción	↑
5	Suborden	Ambiente morfogenético		Generalización	clasi-
4	Grupo	Paisaje		(menos atributos)	sifi-
3	Subgrupo	Relieve/modelado		Definición	ca-
2	Familia	Litología/facies		Detalle	ción
1	Subfamilia	Geoforma	↓	(más atributos)	iden-
					tifi-
					ca-
					ción

Se caracteriza por ser un método con una clasificación jerárquica fácilmente apreciable o reconocible, auxiliar en la delimitación de unidades en una regionalización natural de terreno, en la cual los aspectos edáfico y morfológico tienen relevancia significativa. Este enfoque, con algunas modificaciones específicas para el caso de México ha sido propuesto recientemente para su eventual implementación en programas de ordenamiento del territorio nacional (Bocco *et al.*, 1996).

Enfoques desarrollados en México

a) Regionalización ecológica de SEDUE

La técnica de regionalización propuesta por SEDUE requiere información sobre el medio biofísico (Barajas *et al.*, 1986), la cual proviene de imágenes satelitales, fotografías aéreas y cartografía temática; y debe realizarse con un enfoque paisajístico o morfológico, a fin de representar las cinco unidades ambientales jerárquicas conceptualizadas por SEDUE (1988) (Cuadro IV).

Zona: se define a partir de la correspondencia entre las grandes zonas climáticas y las estructuras geológicas mayores, además de considerar las regiones biogeográficas y procesos edáficos de orden general. Identifican cuatro zonas: Trópico Seco, Trópico Húmedo, Árida y Templada. (Fig. 2).

Provincia Ecológica: es delimitada a partir de criterios fisiográficos y climáticos (Cuadro V) representados por los patrones geomorfológicos específicos dentro de las grandes estructuras geológico-orográficas, representadas por sierras, amplias llanuras, deltas, altiplanicies e islas, entre otras. La regionalización ecológica a este nivel ha definido 87 unidades ambientales o provincias.



Figura 2 Zonas o Dominios Ecológicos de México. Simplificado de SEDUE (1988).

Sistema Terrestre: es definido a partir de la homogeneidad en la génesis, evolución y modelado del relieve, constituyendo de esta manera elementos del paisaje como sierras, lomeríos, mesetas, playas o barras, entre otros.

Paisaje Terrestre: es la unidad ambiental más simple y homogénea. Se describe como un patrón específico de toposformas en donde el criterio edáfico se suma al clima y geomorfología para su delimitación. Es definido según los criterios y métodos presentes en la Cuadro V.

Cuadro IV Estructura de la Regionalización Ecológica. Simplificado de SEDUE (1988).

Unidad Ambiental	Escala de Representación
Zona	1:5,000,000-1:2,000,000
Provincia Ecológica	1:1,000,000-1:100,000
Sistema Terrestre	1:500,000-1:50,000
Paisaje Terrestre	1:100,000-1:20,000
Unidad Natural	1:50,000-1:5,000

Unidad Natural: corresponde a la toposforma individual (volcán, lomerío, valle intermontano, etc.), cuya asociación con otras similares o de origen común conforma un paisaje, aunque puede poseer una morfología contrastante con las toposformas adyacentes; también puede constituir un elemento (ladera, fondo, páramo, entre otros) de una geoforma extensa y compleja (SEDUE, 1986).

El principal problema de este enfoque es que no existe coherencia entre las variables que se utilizan para los diferentes niveles, y no se definen los criterios para conectarse a los niveles subsiguientes por lo que realmente no es jerárquica y taxonómica (Bocco, *et al.*, 1996).

Cuadro V Estructura Regional para el Ordenamiento Ecológico. Tomado de SEDUE (1986).

Nivel	Criterios de definición	Método de definición	Escala de trabajo
Zona	Clima (macroclima)	Cartografía temática	1:15,000,000 a 1:1,000,000
Provincia Ecológica	Geomorfología	Cartografía temática	1:1,000,000 a 1:500,000
Sistema Terrestre	Geomorfología	Cartografía temática Imagen de satélite	1:500,000 a 1:250,000
Paisaje Terrestre	Geomorfología Hidrología Vegetación	Cartografía temática Imagen de satélite Fotografía aérea	1:250,000 a 1:50,000
Unidad Natural	Geomorfología Hidrología Vegetación Edafología	Fotografía aérea Trabajo de Campo	1:50,000 a 1:10,000

b) Sistema fisiográfico de INEGI

Este sistema fisiográfico de clasificación del relieve ha sido adoptado por la Dirección General de Geografía (DGG) del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). El sistema utiliza criterios geológicos y topográfico-geométricos para definir con precisión los seis niveles jerárquicos (Quiñones, 1987):

Provincia fisiográfica: representa la unidad más amplia definida en este sistema jerárquico. Consiste en los grandes conjuntos estructurales que integran un continente, generalmente conforman unidades morfológicas superficiales con características distintivas tales como origen geológico unitario sobre la mayor parte de su superficie, un sólo patrón litológico o un mosaico litológico complejo que resulta de un origen común, morfología propia y extensa a fin de poderse dividir en subprovincias.

Subprovincia fisiográfica: se integra por geoformas típicas de la provincia, pero su frecuencia, magnitud o variación morfológica son diferentes a las de la provincia en general, pero ahora asociadas por otras diferentes y que le son distintivas por no aparecer en forma importante en el resto de la provincia.

Discontinuidad fisiográfica: se define como un área enclavada dentro de una provincia fisiográfica cuyo origen y morfología no corresponden a la misma, sin embargo presenta un origen geológico unitario sobre la mayor parte de su superficie, morfología propia y distintiva conformada por un sólo patrón litológico o un complejo mosaico litológico de origen común. Se distingue de la provincia por su menor extensión, por lo cual sólo puede ser dividida en sistemas de topoformas.

Sistemas de topoformas: conjunto de topoformas asociados entre sí, según algún patrón (o patrones) estructural(es) y/o degradativo(s) y además presentan un mayor grado de uniformidad paisajística en relación a la unidad jerárquica que las comprende.

Topoformas: geoforma geoméricamente reducible a un número pequeño de elementos topográficos.

Elemento topográfico: definido como una superficie topográfica homogénea cuyos límites son dados por cambios en el tipo de curvatura superficial (cóncavo, convexo, llano) en sentido vertical, horizontal o ambos, o por cambios abruptos en la pendiente.

Las definiciones presentadas de las distintas unidades jerárquicas utilizadas en el sistema fisiográfico de la DGG, en general son ambiguas, lo cual de ha dificultado la adopción del método por distintos especialistas en recursos naturales. Sin embargo, representó un esfuerzo importante en la cartografía del relieve mexicano

c) Levantamiento fisiográfico de suelos (Chapingo)

Este sistema de levantamiento fisiográfico también ha sido denominado como Sistema de Clasificación de Unidades Terrestres y ha sido propuesto por el Departamento de Suelos del Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma de Chapingo (Ortíz Solorio y Cuanalo de la Cerda, 1978 y Cuanalo de la Cerda *et al.*, 1989). El sistema es una modificación de las unidades mayores del sistema propuesto por Brink *et al.* (1966), y de Webster y Beckett (1970) para las unidades menores, más homogéneas (las tres últimas de mayor detalle cartográfico). Presenta ocho niveles jerárquicos de mapeo, definidos a continuación.

Zona terrestre: regiones climáticas mayores

Divisiones terrestres: definida como las formas más expresivas de la estructura continental, su escala de representación cartográfica no es menor a 1:15,000,000.

Provincias fisiográficas: consiste en la unión de formas superficiales de estructuras de segundo orden o grandes asociaciones litológicas. La representación cartográfica varía entre 1:5,000,000 y 1:15,000,000.

Región terrestre: unión de formas y propiedades superficiales de una unidad litológica o asociación litológica con una evolución geomorfológica comparable. Son unidades cartografiables entre 1:1,000,000 y 1:5,000,000.

Subregión terrestre: las diferentes áreas geográficas en donde se presenta una misma región terrestre y su escala cartográfica sigue siendo la misma que para las regiones terrestres.

Sistema terrestre: patrón de facetas relacionadas genéticamente. Su escala de representación cartográfica se encuentra entre 1:250,000 y 1:1,000,000.

Faceta terrestre: se define como uno o más de los elementos terrestre agrupados para propósitos prácticos; parte del paisaje es razonablemente constante y fácilmente distinguible de los terrenos que lo rodean. Se cartografía en escalas entre 1:10,000 a 1:80,000.

Elemento terrestre: es la porción más simple del paisaje, para propósitos prácticos uniforme en litología, forma, suelo y vegetación. Pueden cartografiarse en escalas mayores a 1:10,000.

El método utilizado por Cuanalo de la Cerda *et al.* (1989), para la definición de las unidades mayores implica la elaboración de un mosaico de imágenes de satélite (especialmente Banda 7), en papel a escala de 1:1,000,000 que cubren la superficie nacional, las cuales se interpretan con el apoyo de la información geológica, delimitando, en primera instancia las provincias y regiones terrestres con un criterio de continuidad, en el cual la información de la realidad ha sido simplificada a tal grado que sólo se presenta un número limitado de clases cartográficas. Las unidades menores del sistema jerárquico implican la interpretación con un criterio de homogeneidad de un mayor número de materiales cartográficos (topografía, geología, uso de suelo y vegetación, clima, edafología), además de imágenes satelitales y fotografías aéreas en

escalas mayores a 1:50,000 permitiendo diferenciar más unidades cartográficas (Ortíz-Solorio y Cuanalo de la Cerda, 1978).

Este sistema se basa en un concepto general de mapeo coherente; sin embargo, presenta el inconveniente de contener demasiadas clases descritas con relativamente poca precisión; en las cuales no se incrementan de manera significativa los atributos de terreno a considerar en la diferenciación espacial.

Conclusiones

En la Cuadro VI se presentan los variados intentos de crear tipologías basadas en algunos atributos o componentes generales del paisaje como el clima, la cobertura vegetal, la geomorfología, y la actividad humana, según los diferentes niveles jerárquicos de las escuelas nacionales e internacionales anteriormente analizadas.

Las diferentes corrientes o métodos de evaluación del terreno tienen el objetivo de caracterizar, analizar y discretizar el medio biofísico a través del uso de cartografía, productos de la percepción remota, bibliografía y trabajo de campo, en especial a escalas grandes.

Con cada uno de los enfoques varía el componente del paisaje o terreno en el cual se basa el levantamiento, lo cual está en función de la formación profesional del personal dedicado a la evaluación del medio natural (suelo, relieve, vegetación). Sin embargo, en general el elemento que caracteriza a las unidades frecuentemente corresponde a formas de relieve reconocibles o apreciables a diferentes escalas. La regionalización de las formas de relieve es la base de la mayoría de las estrategias de clasificación del terreno y el paisaje, las características del sustrato abiótico (controladas por el tipo de roca, expresado en un relieve concreto modificado por las condiciones climáticas) facilitan que éste sea segmentado (discretizado) en unidades relativamente homogéneas a menor o mayor detalle (zonificación de relieve o paisaje geomorfológico y formas de relieve) (Bocco y Mendoza, en prensa).

Es evidente en algunos enfoques, como el levantamiento geomorfológico y el geopedológico, el incremento en la cantidad de atributos del terreno a ser considerados para la diferenciación espacial de las unidades de mapeo, lo cual permite de manera sencilla realizar cartografía a varias escalas en función de los objetivos del trabajo. Este tipo de enfoques, además, permiten su replicabilidad, especialmente, en trabajos a escala mediana y pequeña, toda vez que en estas escalas la cantidad de atributos es menor, así como, la dificultad para reconocerlos y analizarlos tanto en documentos como en el campo.

Los su parte los enfoques que no plantean claramente los tipos y cantidad de atributos diferenciadores del paisaje son difíciles de replicar y dependen en gran medida del conocimiento experto del interprete.

Cuadro VI Tipología jerárquica del paisaje según algunas escuelas internacionales y nacionales. Compilado de Ortíz-Solorio y Cuanalo de la Cerda (1978), Van Zuidam (1986), Quiñones G. (1987), SEDUE (1988), Zinck (1988), Cuanalo de la Cerda *et al.* (1989) y Etter (1991). Tomada de Mendoza-Cantú, 1997).

Nivel	Christian y Stewart (Fisiográfico, CSIRO)	Zonneveld (Holístico, ITC-CIAF)	Van Zuidam (Geomorfológico, ITC)	Zinck (Geomorfológico-Suelos, ITC)	SEDUE (Paisajístico)	INEGI (Fisiográfico)	Ortíz-Solorio y Cuanalo de la Cerda (Levantamiento Fisiográfico de Suelos de Chapingo)
General					Zona		Zona terrestre
↑				Geoestructura			División terrestre
						Provincia fisiográfica	Provincia terrestre
	Sistema de terreno complejo	Paisaje principal	Provincia de terreno	Ambiente morfogenético	Provincia ecológica	Subprovincia fisiográfica	Región terrestre
						Discontinuidad fisiográfica	Subregión terrestre
	Sistema de terreno	Sistema de terreno	Sistema de terreno	Paisaje geomorfológico	Sistema terrestre	Sistema de topoformas	Sistema terrestre
↓	Unidad de terreno	Faceta terrestre	Unidad de terreno	Relieve/modelado Litología/facies	Paisaje terrestre	Topoformas	Faceta
Detallado	Faceta de terreno	Ecotopo	Componente de terreno	Forma de relieve	Unidad natural	Elemento de topoformas	Elemento

BIBLIOGRAFÍA CITADA

ANDRADE, A.y A. ETTER, 1987. Levantamiento ecológico del área de colonización de San José de Guaviare. *Proyecto DAINCO-CASAM*, 90 p.

ANDRADE, A., 1994. La zonificación ecológica como base del estudio integral de tierras. *Revista SIG-PAFC, Sistemas de Información Geográfica-Plan de Acción Forestal para Colombia (2)*. 10 - 52 p.

ANDRADE A. y A. GONZÁLEZ, 1995. Base de datos para la zonificación ecológica. *Revista SIG-PAFC, Sistemas de Información Geográfica-Plan de Acción Forestal para Colombia (5-6)*. 30 - 99.

BARAJAS DE LABASTIDA, V., H. CARRILLO-ROSADO, O. CHAVÉZ-RIVERA, J.M. ESPINOZA-RODRÍGUEZ, M, KUSHIDA-KUSHIDA, R. LACY-TAMAYO, A. LARA-VÁZQUEZ, N. MÉNDEZ-MUNGARAY y E. MIRANDA-VIQUEZ., 1986. *Regionalización Ecológica del Territorio*. Serie Cuadernos Básico no. 4, Ordenamiento Ambiental, SEDUE, México: 21 p.

BOCCO, G., 1986. *Aspects of the anthropic erosion in Tlalpujahua River Basin in Central Mexico: An Applied Geomorphological Approach*. Msc. Thesis, ITC, Enschede, The Netherlands: 95p

BOCCO, G., 1990. *Gully Erosion analysis using Remote Sensing and Geographical Information System; a Case Study in Central Mexico*. PhD Thesis, Univ. Amsterdam-ITC Enschede, The Netherlands: 130 p.

BOCCO, G., A. VELÁZQUEZ, M.E. MENDOZA, M.A. TORRES y A. TORRES, 1996. Informe final, *Subproyecto Regionalización Ecológica, Proyecto de Actualización del Ordenamiento Ecológico General del Territorio del País*. Elaborado para el Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAP): 95 p.

BOCCO, G y M.E. MENDOZA, (en prensa). La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. *Geografía y Desarrollo*.

BOLÓS, I. CAPDELIA, M., M. BOVET PLA, X. ESTRUCH-GARCÍA, R. PENA I. VILLA, J. RIBAS VILÀS y J. SOLER INSA, 1992. *Manual de Ciencia del Paisaje, Teoría, Métodos y Aplicaciones*. Masson S.A., Barcelona: 273 p.

BRINK, A.B., J.A. MABBUT, R. WEBSTER y P.H.T. BECKET, 1966. *Report of working group on Land Classification and data storage*. MEXE Report No. 940. Inglaterra.

CUANALO DE LA CERDA, H., E. OJEDA-TREJO, A. SANTOS-OCAMPO y C. A. ORTÍZ-SOLORIO, 1989. *Provincias, Regiones y Subregiones Terrestres*. Colegio de Postgraduados, Centro de Edafología, Chapingo: 624 p.

CHÁVEZ-VELAZCO, G., 1996. *Geomorfología de la Cuenca del Río Tijuana Aplicada al Análisis del Uso de Suelo a Nivel Regional*. Tesis Maestría en Ciencias (Geología). División de Ciencias de la Tierra. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, CICESE, Ensenada, B. C., México: 70 p.

DEMEK, J. (Ed.), 1972. *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*. Academia, Prague: 344 p.

DEMEK, J. (Ed.), 1976. *Guide to Medium-Scale Geomorphological Mapping*. Academia, Prague: 339 p.

ETTER, A., 1991. *Introducción a la Ecología del Paisaje (Un Marco de Integración para los Levantamientos Rurales)*. Unidad de Levantamientos Rurales. Subdirección de Docencia e Investigación. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Colombia: 83 p.

FORMAN, R.T. y M. GODRON, 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons. New York: 619 p.

GARCÍA DE FUENTES, A., 1975. Introducción al Concepto de Regionalización. *In: Introducción al Concepto de Regionalización. Serie Varia. Instituto de Geografía, Univ. Nal. Autón. México*: 3 - 9.

GEISSERT, D. y J. P. ROSSIGNOL (Coords.), 1987. *La Morfoedafología en la Ordenación de los Paisajes Rurales. Conceptos y Primeras Aplicaciones en México*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB) e Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTROM). México: 83 p.

LEAL, R., J. OTERO y J. ROMERO, 1995. *Espacialización y caracterización de las unidades ecológicas del paisaje de la Cuenca hidrográfica del Río Sinú*. Santa Fé de Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Geografía, Proyecto SIG-PAFC

LÓPEZ-BLANCO, J. y L. VILLERS-RUÍZ, 1994. Delimitación de unidades ambientales físicas con fines de ordenamiento territorial aplicando un enfoque geomorfológico y S.I.G.: Estudio de caso en Los Cabos Baja California Sur, *Memoria de Resúmenes de la Tercera Reunión de Geomorfología*. Guadalajara, Jal. : 96 - 99.

LÓPEZ-BLANCO, J., 1994. *Evaluaciones Geomorfológicas y de Recursos Naturales Aplicando un Sistema de Información Geográfica (ILWIS)*. Tesis Doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, Univ. Nal. Autón. México: 200 p.

MENDOZA-CANTÚ, M.E., 1997. *Regionalización geomorfológica y de paisaje de la zona costera entre Guaymas y Agiabampo, Sonora, México*. Tesis de Maestría en Ciencias (Conservación, Ecología y Manejo de Recursos Naturales), Centro de Conservación y Aprovechamiento de los Recursos Naturales, CECARENA, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, ITESM-Campus Guaymas. 147 p.

ORTÍZ-SOLORIO, C. A. y H. E. CUANALO DE LA CERDA, 1978. *Metodología del Levantamiento Fisiográfico. Un Sistema de Clasificación de Tierras*: Rama de Suelos, Colegio de Posgraduados, Chapingo. México: 76 p.

QUIÑONES-G., H., 1987. El sistema fisiográfico de la Dirección General de Geografía. *Revista de Geografía I* (2): 13 - 20.

ROSSIGNOL, J.P., 1985. La cartografía morfoedafológica: Conceptos y metodologías. *Revista Terra*. 15- 45.

ROSSIGNOL, J.P., 1987. La morfoedafología: un método de estudio del medio biofísico para su ordenación. *In*: GEISSERT, D. y J. P. ROSSIGNOL (Coords.), 1987. *La Morfoedafología en la Ordenación de los Paisajes Rurales. Conceptos y Primeras Aplicaciones en México*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB) e Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTROM). México: 83 p.

SALINAS-CHÁVEZ, E., 1991. *Análisis y Evaluación de los Paisajes en la Planificación Regional de Cuba*. Tesis Doctoral, Facultad de Geografía, Univ. de la Habana, Cuba: 150 p.

SEDUE, (SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA), 1986. *Manual de Regionalización Ecológica*. Serie: Ordenamiento Ambiental no. 1. Subsecretaría de Ecología, Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica, México: 13 p.

SEDUE, (SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA) 1988. *Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio*. Subsecretaría de Ecología, Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica, México: 356 p.

TRICART, J., 1965. Morphogenèse et pedogénèse. I: Approche méthodologique, géomorphologie et pédologie. *Science du sol I*: 68 - 85

TRICART, J. y J. KILIAN, 1982. *La Eco-geografía y la Ordenación del Medio Natural*. Anagrama. Barcelona: 287 p.

VAN ZUIDAM, R.A. y F. VAN ZUIDAM-CANCELADO, 1979. *Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs*. ITC Books VII-6, Enschede, The Netherlands: 309 p.

VAN ZUIDAM, R. A., 1986. *Aerial Photointerpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. ITC, Smits Publisher the Hague, The Netherlands: 442 p.

VÁZQUEZ-SELEM, L., 1992. *Gully Erosion, Soils and Landforms in a Volcanic Area of Central Mexico*. Msc. Thesis, ITC, Enschede, The Netherlands: 133 p

VELÁZQUEZ-MONTES, A, 1993. *Landscape Ecology of Tlaloc and Pelado Volcanoes, Mexico. With special reference to the volcano rabbit (*Romerolagus diazi*), its habitats, ecology and conservation*. ITC publicación No. 16. Enschede, the Netherlands: 152 p.

VERSTAPPEN, H.TH., 1977. *The use of Aerial Photographs in Geomorphological Mapping*. ITC Text Book VII-5, Enschede, The Netherlands: 177 p

VERSTAPPEN, H.TH., 1983. *Applied Geomorphology (Geomorphological Survey for Environmental Development)*. Elsevier, Amsterdam: 437 p.

VERSTAPPEN, H.TH., y R.A. VAN ZUIDAM, 1991. *El Sistema ITC para Levantamientos Geomorfológicos. Una Base para la Evaluación de Recursos y Riesgos Naturales*. ITC publicación No. 10. Enschede, the Netherlands: 89 p.

VILLERS-RUIZ, L. 1991. Regionalización Ecológica del Municipio de los Cabos, *In: Proyecto de Ordenamiento Ecológico de regiones geográficas con actividades productivas prioritarias. Municipio de los Cabos*. Informe Técnico. OEA, Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente: 9 p. (inédito).

VON BERTALANFFY, L., 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II). *Human Biology*, 10 (2): 182 - 213.

WEBSTER R. y P.H.T. BECKETT, 1970. Terrain classification and evaluation using photography. A review of recent work at Oxford. *Photogrammetry* 26: 51 - 75 p.

ZINCK, J.A., 1988. *Physiography and Soils*. Soil Survey Course. ITC. Enschede, the Netherlands: 156 p.

ZONNEVELD, I.S., 1979. *Land Evaluation and Land(Scape) Science. Lectures of Land(Scape) Science, Land(Scape) Survey and Land Evaluation (Pragmatic Land Classification)*. Textbook VII.4. ITC. Enschede, the Netherlands: 134 p.

Agradecimientos

Este trabajo es parte de los resultados obtenidos por el primer autor en la consecución de su tesis de maestría, la cual fue elaborada en el ITESM-Campus Guaymas con el apoyo financiero del Fondo del Sistema de Investigadores del Mar de Cortés (FOSIMAC) dentro del Proyecto *Estudio Geomorfológico y Metodología de Ordenamiento Costero: con fines de Planeación y Manejo*.