





LA CARTOGRAFÍA DE LOS SISTEMAS NATURALES
COMO BASE GEOGRÁFICA PARA LA PLANEACIÓN TERRITORIAL





Serie Planeación Territorial

Semblanza histórica del ordenamiento ecológico territorial
en México. Perspectiva institucional

Fernando Rosete

Ordenamiento Territorial Comunitario

Salvador Anta, Arturo Arreola, Marco González
y Jorge Acosta

Naturalezas, saberes y territorios comcáac (seri)

Diana Luque Agraz y Antonio Robles Torres

Ordenamiento ecológico marino: visión temática
de la regionalización

Ana Córdova, Fernando Rosete, Gilberto Enríquez
y Benigno Hernández de la Torre (compiladores)

Manual del proceso de ordenamiento ecológico

Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental,
SEMARNAT

El manejo integral de cuencas en México. Segunda edición

Helena Cotler (compiladora)

Gestión de cuencas y servicios ambientales

Perspectivas comunitarias y ciudadanas

Luisa Paré, Dawn Robinson y Marco Antonio González
(coordinadores)

El ordenamiento territorial: experiencias internacionales

María Evangelina Salinas Escobar (compiladora)





Gerardo Bocco, Manuel Mendoza,
Ángel Priego y Ana Burgos

**La cartografía de los sistemas naturales
como base geográfica para
la planeación territorial
Una revisión de la bibliografía**

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Instituto Nacional de Ecología
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental





D.R. © Primera edición: 2010

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
Blvd. Adolfo Ruíz Cortines 4209. Col. Jardines de la Montaña
C.P. 14210. Delegación Tlalpan, México, D.F.
www.semarnat.gob.mx

Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)
Periférico sur 5000. Col. Insurgentes Cuicuilco
04530. México, D.F.
www.ine.gob.mx

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental
Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia
Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701. Col. Ex-Hacienda de San José de La Huerta
58190. Morelia, Michoacán, México
www.ciga.unam.mx

DISEÑO DE LA PORTADA: Álvaro Figueroa
MAPA DE LA PORTADA: Arturo Garrido Pérez
EDICIÓN PARA INTERNET: Susana Escobar Maravillas

ISBN 978-968-817-920-8
Impreso y hecho en México





ÍNDICE

| | |
|--|----|
| SERIE PLANEACIÓN TERRITORIAL FERNANDO A. ROSETE V | 9 |
| PRESENTACIÓN GERARDO BOCCO | 11 |
| LA CARTOGRAFÍA DE LOS RECURSOS NATURALES | 11 |
| LA REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA | 13 |
| ANTECEDENTES DE LOS CUADERNOS SOBRE ECOREGIONALIZACIÓN | 17 |
| ESTRUCTURA Y CONTENIDOS | 18 |
| BIBLIOGRAFÍA | 20 |
| OTRA BIBLIOGRAFÍA RELEVANTE SOBRE EL TEMA | 21 |
| AGRADECIMIENTOS | 27 |
| INTRODUCCIÓN | 29 |
| EL NIVEL INTERNACIONAL | 29 |
| EL NIVEL NACIONAL: ESQUEMAS DESARROLLADOS EN MÉXICO | 56 |
| COMENTARIOS FINALES | 61 |
| BIBLIOGRAFÍA | 66 |







SERIE PLANEACIÓN TERRITORIAL

Una parte fundamental del quehacer científico es su difusión. Y en el caso de la ciencia aplicada, que es el tipo de investigación que predomina en el Instituto Nacional de Ecología (INE), documentar las experiencias exitosas es un componente determinante para su divulgación y eventual replicación.

La planeación territorial, tomando en cuenta el entorno ambiental, es reciente en México. Su primer antecedente formal, aunque indirecto, es la Ley General de Asentamientos Humanos (1976), y el primero directo es la Ley Federal de Protección al Ambiente, que en 1982 introduce en la legislación mexicana el concepto de ordenamiento ecológico, por lo que a nivel institucional esta perspectiva apenas supera los 25 años de vida.

Como resultado de esta corta historia, hoy se presenta como una necesidad difundir esquemas metodológicos y procedimientos técnicos, además de casos puntuales exitosos sobre la planeación del uso del territorio a diferentes escalas, para fortalecer las capacidades locales. Esto es lo que motivó al Instituto Nacional de Ecología a editar la serie Planeación Territorial, la cual nació gracias a una iniciativa fruto del inagotable entusiasmo del Dr. Gerardo Bocco.

El principal objetivo de la serie es poner a disposición de un público especializado (o semi especializado) herramientas técnicas y metodológicas para ser utilizadas en los procesos de elaboración técnica de los programas de ordenamiento ecológico del territorio (OET), para que los resultados obtenidos al final del proceso cumplan con un estándar mínimo de calidad y rigor científico, y de





esta manera superar las disparidades que aún hoy persisten entre diferentes procesos de OET. Valga destacar aquí que esta serie no se limita al OET, sino que también presenta ejemplos a ser utilizados en otros procesos de planeación del territorio.

Al definir esta colección se pensó, en primera instancia, en un público conformado por grupos académicos o de consultores encargados de elaborar productos técnicos como programa de OET u otros procesos relacionados. Sin embargo, estas obras puede ser también de utilidad para estudiantes así como para personal de dependencias de gobierno, tanto federales como estatales, cuyas tareas se vinculen con aspectos técnicos, con la implementación y con la evaluación de procesos de ordenamiento territorial dentro de sus respectivas competencias.

Fernando A. Rosete V.





PRESENTACIÓN

Gerardo Bocco

Dentro de la serie Planeación Territorial se llevó a cabo un esfuerzo particular dirigido a la elaboración de un conjunto de cuadernos que profundizan diferentes aspectos relacionados con la regionalización ecológica del territorio (ecoregionalización). Para poner en contexto este material, en esta introducción se hace mención del papel que desempeña la cartografía de los recursos naturales (Bocco *et al.* 2004), y explica el contexto general para los cuadernos dedicados a la cuestión de regionalización ecológica. Estas obras fueron elaboradas en el marco de un proyecto de investigación auspiciado por el Fideicomiso SEMARNAT-CONACYT, en su convocatoria 2002, y ejecutado por académicos de la UNAM (Instituto de Geografía y CIEco, campus Morelia), y personal del propio Instituto Nacional de Ecología.

LA CARTOGRAFÍA DE LOS RECURSOS NATURALES

Tradicionalmente, los recursos naturales se han clasificado como renovables y no renovables, según su tasa teórica de regeneración en el tiempo. Más recientemente, se ha optado por una diferenciación temática (recursos bióticos y abióticos), ligada al aprovechamiento y conservación, y a la oferta de bienes y servicios ambientales. En este contexto, resultan clave las ideas de inventario, localización en el territorio y cambios en el tiempo. La cartografía de los recursos naturales sirve a estos propósitos de manera insustituible; con





el advenimiento de la tecnología digital aplicada al inventario de recursos y a la preparación de mapas, esta tarea se ha desarrollado de forma exponencial.

En México, la producción cartográfica sistemática se inicia con la creación de la actual Dirección General de Geografía (DGG, parte del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, véase www.inegi.gob.mx). La DGG ha producido la cartografía topográfica (planialtimétrica) completa del país a escala 1:50,000, y ha elaborado la cartografía temática a nivel país, a escala 1:250,000, de la mayor parte de los temas relevantes vinculados con los recursos naturales. Si bien la escala de representación de la cartografía temática es sólo apta para el nivel regional y no local (véase el caso de los requerimientos de datos a nivel comunitario en Negrete y Bocco 2003), la oferta de INEGI constituye una base extraordinaria de conocimiento de los recursos naturales y su geografía.

La cartografía de los recursos naturales está estrechamente ligada al desarrollo de las tecnologías de prospección e inventario mediante percepción remota (véase el caso a nivel comunitario en Rosete y Bocco 2003) y con las tecnologías de posicionamiento global satelital. Ambas permiten a los especialistas detectar, localizar y representar de manera eficiente y con alto grado de exactitud, los recursos naturales en sentido amplio. La interpretación de los datos con propósitos clasificatorios también ha evolucionado con la tecnología de obtención y su almacenamiento. Anteriormente, sólo existían mapas impresos, de tal manera que el medio de representación y almacenamiento era uno solo. Actualmente, los mapas existen en formato digital, lo que ha permitido guardar y representar los datos en forma separada; lo que posibilita relacionar de forma coherente y sistemática los datos de localización de los recursos con sus características descriptivas cuantitativas y cualitativas. Este hecho ofrece una visión integral del dato (en su localización geográfica y en sus características temáticas), lo cual mejora las técnicas analíticas, incluyendo las estadísticas y las geo-estadísticas. Las bases de datos así generadas son evaluables en su calidad, tanto de localización como temática. En la actualidad, es tan importante la interpretación y la creación del dato como su validación, de ser posible, en forma cuantitativa.





LA REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA

Durante las últimas décadas, la presión de las actividades antrópicas ejercida sobre los ecosistemas naturales y los territorios dedicados a actividades productivas ha ido en aumento, provocando intensos efectos ambientales negativos que disminuyen la calidad de vida de los habitantes actuales y comprometen seriamente el bienestar de las generaciones futuras (véase, entre otros, los informes emanados del Millenium Ecosystem Assessment, elaborados entre 2002 y 2005 en www.milleniумassessment.org).

En México, diversos problemas sugieren que actualmente se realiza un uso inapropiado del territorio, lo cual impide el aprovechamiento de los bienes y servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas. Una extensa superficie del país presenta severos problemas de erosión hídrica y degradación de suelos en general (SEMARNAT-Colegio de Postgraduados 2002); grandes áreas están expuestas a los efectos de riesgos naturales (Oropeza *et al.* 1998); las zonas urbanas y la infraestructura crecen sin la planificación adecuada (Cardona 1993); la diversidad biológica se reduce con los cambios no deseados de la cobertura vegetal, lo cual es particularmente grave en un país megadiverso, debido a la reducción y destrucción de los hábitats (Velázquez *et al.* 2001). Estos problemas sugieren que el territorio debería estar sujeto a procesos de planificación territorial los cuales, en cualquier modalidad y a cualquier escala, requieren como fundamento su regionalización ecológica.

De manera simple, la regionalización ecológica o eco-regionalización consiste en delimitar espacios geográficos relativamente homogéneos en función del medio físico y biológico, de tal manera que se pueda establecer una adecuada vinculación con el uso y apropiación del territorio por parte de la sociedad. La clasificación ecológica del territorio es el proceso de delinear y clasificar áreas ecológicamente distintivas de la superficie de la Tierra. Cada porción del territorio puede ser vista como un sistema, resultado de la interacción de factores geológicos, climáticos, geomorfológicos, edafológicos, hídricos, de vegetación y fauna silvestre, y su manejo por comunidades humanas. En este sentido, las





regiones ecológicas o ecoregiones también encierran aspectos sociales, económicos y culturales. Sin embargo, esta interacción no se da al azar, sino en forma ordenada, siguiendo la organización jerárquica que guardan los componentes naturales (litosfera, atmósfera, biosfera), mismos que en conjunto generan lo que conocemos como ambiente o espacio. El enfoque holístico en la clasificación de los territorios se puede aplicar a escalas crecientes, en forma anidada, desde los ecosistemas locales específicos hasta los continentales.

La regionalización ecológica es un proceso por el cual, a partir del uso de determinados sistemas clasificatorios, se delinean unidades relativamente homogéneas según uno o varios criterios (variables), y se representan en forma de mapas (y bases de datos geográficos) utilizando leyendas (modelos cartográficos) jerárquicas (anidadas). En otras palabras, se trata de la determinación (delineación, de manera cualitativa o cuantitativa) de diferentes niveles de homogeneidad sobre el territorio. Desde el punto de vista geométrico (es decir, en términos de las entidades con que se opera) se trata de unidades de área (con largo y ancho), diferentes de los puntos, resultado de las observaciones casuísticas típicas del levantamiento biológico en el campo.

En términos operacionales, el proceso de regionalización ecológica adopta dos grandes líneas de acción. Una, que podríamos denominar paramétrica, se basa en el uso de capas de información almacenadas en un SIG, a las cuales se somete a procedimientos automatizados de agrupamiento de homogeneidades en un ambiente multivariado (utilizando generalmente análisis de componentes y de cúmulos). Este enfoque ha sido aplicado a territorios del orden de algunas decenas de miles de kilómetros cuadrados. Su uso a niveles mayores (por ejemplo, México), y en un medio de gran complejidad, como es el caso de los países tropicales con diversos pisos altitudinales, no ha sido aún explorado para fines prácticos. La segunda línea de acción también se basa en el uso de información pre-existente, al menos a los niveles más generales, pero partiendo de una armonización de los sistemas categóricos de las variables que se seleccionen para describir las unidades ecoregionales.

La regionalización ecológica del territorio es necesaria para diseñar la evaluación del estado del ambiente y para la planificación del aprovechamiento de





los recursos naturales a varias escalas, es decir, es un insumo clave en el manejo y gestión del territorio. A pesar de su trascendencia, tanto el concepto como su operación aún son susceptibles de análisis y discusión. De hecho, en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la regionalización ecológica del territorio se concibe erróneamente como un “objeto” del ordenamiento ecológico, y no como uno de sus prerrequisitos. Esta situación se origina por tres motivos. En primer lugar, algunos modelos de regionalización no favorecen la evaluación de la aptitud productiva del terreno, paso crucial en el ordenamiento. En segundo lugar, hay poca coherencia en los criterios rectores para los diferentes niveles cartográficos, y en la ausencia de criterios para conectarse a los niveles subsiguientes. Finalmente, aunque la mayoría de los expertos reconocen que el relieve debe ser la base de cualquier clasificación integral de unidades ambientales, la utilización de conceptos y terminología geomorfológico-genética dificulta su aplicación en los estudios de ordenamiento por parte quienes no son especialistas en ese tema.

Un aspecto básico de la regionalización es la de proporcionar información sobre la vocación específica de cada región, ya que la toma de decisiones en materia ambiental se realiza a partir del conocimiento de la naturaleza y aptitud de territorios que albergan recursos naturales concretos. En ese sentido, la cartografía geomorfológica por sí sola ofrece una visión parcial del estado del territorio y de su aptitud (Verstappen y Van Zuidam 1991). Esta situación plantea a científicos y planificadores la necesidad de utilizar enfoques más integradores, sin perder la base geomorfológica.

En este trabajo se propone una regionalización del territorio basada en unidades de paisaje (Zonneveld 1995), donde el punto de partida es la delimitación geomorfológica. La unidad de paisaje es la mínima unidad cartografiable que permite representar espacialmente los principales componentes de un ecosistema (estructural y espacialmente). El enfoque que permite su definición, estudio, análisis y predicción es la geoecología o ecología de paisaje (Naveh y Lieberman 1993). Además, un mapa de unidades de paisaje es compatible con otros modelos de segmentación del territorio; por ejemplo, unidades de paisaje localizadas al interior de cuencas o municipios.





Estas premisas reconocen que el paisaje así considerado está conformado por dos grandes componentes. Uno físico, que describe la secuencia sobre el territorio del conjunto roca-relieve-suelo, cuya tasa de cambio en el tiempo es baja o muy baja. Por el contrario, el otro, que describe el dominio bioclimático y de uso del suelo, se caracteriza por un gran dinamismo a varias escalas temporales. Ambos componentes pueden manipularse por separado en bases de datos geográficas automatizadas (en el marco de un sistema de información geográfica), y combinarse sistemáticamente sin perder su individualidad cuando sea necesario. Por ejemplo, el mapa de uso del suelo es fundamental, ya que permite la vinculación entre los aspectos claramente físicos y bióticos, con aquéllos que describen los efectos de la actividad antrópica. Asimismo, de la comparación de los usos del suelo actuales con los potenciales, es posible definir un primer nivel de conflicto en el ámbito del sistema natural.

La utilización del enfoque de paisaje en la regionalización ecológica enriquece el conocimiento sobre la distribución geográfica de los recursos naturales (y de los ecosistemas que los albergan), su dinámica en el tiempo, y la tolerancia del ambiente a la intervención humana. También permite evaluar la aptitud productiva del territorio, la distribución geográfica de la biodiversidad, los riesgos ambientales y los conflictos potenciales entre aptitud y uso actual del suelo. En ese sentido, la regionalización en unidades de paisaje constituye el sustento físico natural del ordenamiento territorial y dentro de éste de las unidades de gestión ambiental.

En los cuadernos ofrecidos en esta subserie, los criterios para la ecoregionalización del país han sido establecidos para trabajar a un nivel de detalle regional (escala 1:250,000) por dos motivos principales. En primer lugar, esta escala nos permite presentar con un detalle suficiente a las unidades territoriales resultantes así como un primer nivel de aproximación a la evaluación de su aptitud, como base del ordenamiento regional. En segundo lugar, las principales bases de datos del relieve y suelos a nivel nacional están representadas a 1:250,000. Sin embargo, tanto para la regionalización propiamente dicha como para los productos derivados de las diversas evaluaciones ya señaladas, se requiere un método que permita la vinculación (en forma anidada) con escalas más detalladas (1:100,000-1:50,000), para relacionar los proyectos de planificación re-





gionales con los locales. El sistema y las bases de datos que lo describen estarán enmarcado en la leyenda propuesta por la Comisión de Cooperación Ambiental en su proyecto de Regiones Ecológicas de América del Norte (CCA 1997), en particular la revisión desarrollada por INEGI, CONABIO e INE en 2005.

ANTECEDENTES DE LOS CUADERNOS SOBRE ECOREGIONALIZACIÓN

Dada la importancia de contar con un esquema de regionalización jerárquica y anidada a escalas nacional, regional y local, y debido a que dentro de la normatividad gubernamental vigente es atribución del Instituto Nacional de Ecología (INE) abordar este tema (véase el Reglamento interno de la SEMARNAT y órganos desconcentrados en www.semarnat.gob.mx), dicha institución se hizo cargo de desarrollar un procedimiento de ecoregionalización, el cual fue establecido con base en un criterio geomorfológico (INE 1998). Los objetivos del trabajo abordado por el INE fueron:

- 1 Formular un marco conceptual y metodológico para la regionalización ecológica en México, a escala 1:250,000, a partir del uso de unidades de paisaje basadas en la regionalización geomorfológica del territorio, con el propósito de ofrecer un marco geográfico para la evaluación de:
 - la aptitud productiva del terreno.
 - el manejo de cuencas, incluyendo una sección sobre ambientes riparios.
 - la distribución de la biodiversidad y los servicios y bienes ambientales que proporciona, y
 - la zonificación de riesgos naturales, ejemplificada con el tema inestabilidad de laderas.
- 2 Formular un método de eco-regionalización y de evaluación anidado a escalas más detalladas (1:100,000-1:50,000) y ponerlo a prueba en estudios de caso específicos.
- 3 Presentar los resultados en formato de manuales dirigidos a usuarios interesados en la realización de ordenamientos ecológicos, evaluaciones de





impacto, planes de manejo y otros instrumentos de la política pública ambiental.

La definición de un procedimiento de ecoregionalización adecuado para satisfacer las múltiples necesidades de evaluación señaladas en el punto 1 requirió:

- Establecer un sistema de clasificación del (macro) relieve y geoformas subordinadas, con una clara connotación jerárquica, donde las unidades contempladas en cada nivel puedan ser definidas con precisión.
- Especificar la utilización de unidades territoriales con un enfoque taxonómico y multiescalar que permita moverse de lo general a lo particular, y viceversa, las cuales sean aptas para representar varios niveles (nacional, estatal, municipal) y por lo tanto diversas escalas.
- Establecer un sistema de clasificación donde se expliquen claramente los criterios rectores y donde se definan las pautas para conectarse a los niveles subsiguientes.
- Definir la utilización de unidades espaciales donde puedan integrarse los principales componentes del terreno en un enfoque sistémico o paisajístico.
- Hacer uso de un lenguaje claro y conciso que pueda ser entendido por especialistas diferentes al área de las ciencias de la tierra (planificadores, científicos sociales, usuarios en general).

El propósito de esta subserie de cuadernos es constituir una metodología de ecoregionalización que sea replicable, y que pueda ser desarrollada por profesionistas en temas afines que no cuenten con un alto nivel de especialización en todos y cada uno de los temas involucrados.

ESTRUCTURA Y CONTENIDOS

Dada la complejidad del proceso de regionalización así como de los productos que de él se derivan (aptitud productiva, distribución de la biodiversidad, riesgos naturales), los resultados del trabajo realizado se presentan en tres cua-





ernos. En ellos se incluyen estudios de caso a escala regional (1:250,000) y ejemplos con todo el ejercicio de ecoregionalización realizado a escala semi detallada (1:50,000).

El primero de los cuadernos ofrece una revisión cuidadosa de los diversos esquemas de regionalización en geomorfología que son utilizados por las diversas escuelas en cartografía a nivel internacional y nacional.

El segundo trabajo trata sobre la regionalización geomorfológica y su vinculación con el levantamiento y cartografía de suelos, para proponer un esquema integrado geopedológico, lo cual constituye el primer paso de la regionalización ecológica. Allí se describen los sistemas clasificatorios para geoformas, y la integración, a varias escalas, de la información edáfica obtenida en campo. Se contemplan dos situaciones: una para el caso donde existan datos de levantamiento de suelos, y otra cuando se requiera realizar el levantamiento en campo. Se propone, asimismo, la forma de integrar los datos provenientes de INEGI a sus dos escalas de representación (1:250,000 y 1:50,000).

En la tercera obra se analizan estrategias de evaluación de aptitud productiva del territorio y se revisan los métodos más utilizados en México y otros países análogos en cuanto a características ambientales y problemáticas. Se cotejan los requerimientos de sistemas productivos seleccionados contra las características o cualidades de los territorios en estudio, estos últimos segmentados en unidades geopedológicas, tal como fueron descritas en el cuaderno anterior. Se presentan dos enfoques distintos utilizados para implementar modelos de evaluación de tierras: el cualitativo y el cuantitativo. Ambas aproximaciones permiten optimizar las proposiciones de uso de las tierras, ya sea a nivel de aptitud o vocación. Tradicionalmente, se han utilizado procedimientos cualitativos para generalizar las aptitudes de uso y para seleccionar los usos recomendados. Esta metodología es apropiada en estudios a pequeña escala, donde hay una mayor generalización en el nivel de detalle de los datos, como los estudios regionales. El enfoque cuantitativo se utiliza en presencia de una base de datos con mayor detalle y precisión, como en los estudios a gran escala. En síntesis, la escala del estudio, con el consiguiente nivel de detalle de los datos condiciona el enfoque utilizado para la evaluación de tierras.





Los tres cuadernos iniciales de esta serie están dedicados al procedimiento de ecoregionalización con énfasis en los aspectos biofísicos en planificación; sin embargo, no queda agotado el tema, por lo que es posible que en el futuro aparezcan más títulos relacionados con estos aspectos. A mediano plazo será necesario emprender una segunda etapa, tal vez más relevante y compleja que ésta, donde se ofrezcan enfoques, métodos y técnicas para los aspectos sociales, económicos y culturales que son trascendentales para la planificación territorial y el manejo de los recursos naturales.

BIBLIOGRAFÍA

- Bocco, G., M. Orozco, E. Peters y E. Ezcurra. 2004. La cartografía de los recursos naturales. En: *Patrimonio cultural y turismo*. Cuadernos 8. Cartografía de Recursos Culturales de México. Pp. 137-152. CONACULTA, México.
- Cardona, O. D. 1993. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo-elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo. En: Andrew Maskrey (comp.). *Los desastres no son naturales*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Pp. 45-65.
- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). 1997. *Regiones ecológicas de América del Norte. Hacia una perspectiva común*. Comisión para la Cooperación Ambiental, 71 pp.
- Hernández-Madrigal, V. M. 2005. Caracterización de los procesos de remoción en masa en la Región de Zacapoaxtla, Sierra Norte de Puebla, México. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de posgrado para obtener el grado de Doctor en Geografía, México, 120 pp.
- Instituto Nacional de Ecología. 1998. Programa de actualización del ordenamiento ecológico general del territorio del país. Segunda fase: Diferenciación tipológica de las regiones ecológicas de México, en la modalidad de nivel 5, escala 1/250,000. Dirección General de Normatividad Ambiental, Departamento de Ordenamiento Ecológico, México.
- Naveh, Z. y A. S. Lieberman. 1993. *Landscape ecology, theory and application*. Spring Verlag, EUA. 360 pp.





- Negrete, G. y G. Bocco. 2003. El ordenamiento ecológico comunitario. *Gaceta ecológica* 68: 9-22. Disponible en: www.ine.gob.mx/publicaciones/new.consultaPublicacion.php. Consultada en enero de 2006.
- Oropeza, O., O. Zamorano y M. Ortiz. 1998. Peligros geomorfológicos en México: remoción en masa. En: M. Garza y D. Rodríguez (coord.). *Los desastres en México, una perspectiva multidisciplinaria*. Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, UNAM, MÉXICO. Pp. 149-184.
- Pack, R. T., D. G. Tarboton y C. N. Goodwin. 2001. Assessing Terrain Stability in a GIS using SINMAP, in 15th annual GIS conference, GIS 2001, Vancouver, British Columbia, 19-22 de febrero.
- Rosete, F. y G. Bocco. 2003. Los sistemas de información geográfica y la percepción remota. Herramientas integradas para los planes de manejo en comunidades forestales. *Gaceta ecológica* 68: 43-54. Disponible en: www.ine.gob.mx/publicaciones/new.consultaPublicacion.php. Consultada en enero de 2006.
- SEMARNAT-Colegio de Postgraduados. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana. Escala 1:250 000. Memoria Nacional, 2001-2002. México. 2003.
- Velázquez, A., G. Bocco y A. Torres. 2001. Turning scientific approaches into practical conservation actions: the case of Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, México. *Environmental Management* 5:216-231.
- 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, public. No. 10, Enschede, Holanda, 89 pp.
- Zonneveld, I. S. 1995. *Land ecology*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.

OTRA BIBLIOGRAFÍA RELEVANTE SOBRE EL TEMA

- Barajas de Labastida, V., H. Carrillo Rozado, O. Chávez Rivera, J. M. Espinoza Rodríguez, K. Kushida, R. Lacy Tamayo, A. Lara Vásquez, N. Méndez Mungaray y E. Miranda Víquez. 1986. *Regionalización ecológica del territorio*. Serie Cuadernos Básico n°4, Ordenamiento Ambiental, SEDUE, México, 21 pp.





- Barrera-Bassols, N. 1987. El balance morfogénesis-pedogénesis de una cuenca lacustre del eje neovolcánico transmexicano: la región natural del Pátzcuaro, Michoacán. En: D. Geissert y J. P. Rossignol (eds.). *La morfoedafología en la ordenación de los paisajes rurales*. INIREB-ORSTOM, México, 83 pp.
- Bocco, G. y J. L. Palacio. 1982. Utilidad de la cartografía geomorfológica en la evaluación y planeación del territorio. *Anuario de Geografía XXII*: 29-40, UNAM, México.
- y M. Mendoza. 1999. La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. En: P. Corona-Chávez e I. Israde-Alcántara (eds.). *Carta Geológica de Michoacán, escala 1:250,000*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. Pp.74-90.
- , M. Mendoza y A. Velázquez. 2001a. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping- a tool for land use planning in developing countries. *Geomorphology* 39:211-219.
- , M. Mendoza y O. Masera. 2001b. La dinámica del cambio de usos del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas* 44:18-38.
- Bolós I., M. Capdelia, M. Bovet Pla, X. Estruch García, R. Pena, I. Villa, J. Ribas Vilás y Soler Insa. 1992. *Manual de ciencia del paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones*. Masson, Barcelona. 273 pp.
- Brady N. C. y R. R. Weil. 1999. *The nature and properties of soils*. Prentice Hall, EUA. 345 pp.
- Breimer R. F., A. J. van Kekem y H. Van Reuler. 1986. *Guidelines for soil survey and land evaluation in ecological research*. MAB Technical notes 17, UNESCO. 125 pp.
- Campos, A. C. 1987. Los medios penestables: procesos morfodinámicos en una unidad morfoedafológica, Municipio de Cosautlán, Ver. En: D. Geissert y J. P. Rossignol (eds.). *La morfoedafología en la ordenación de los paisajes rurales*, INIREB-ORSTOM, México, 83 pp.
- CONABIO. 2000. *Estrategia Nacional sobre biodiversidad de México*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 103 pp.





- Cotler H., E. Durán y C. Siebe. 2002. Caracterización morfo-edafológica y calidad de sitio de un bosque tropical caducifolio. En: F. Noguera, J. Vega, A. García y M. Quesada (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 17-79.
- Dudal, R. 1986. The role of pedology in meeting the increasing demands on soils. *Proc 13th Int. Cong. of Soil Sci., Hamburg VI*: pp. 80-96.
- Estrada, J. W. y C. A. Ortiz Solorio. 1982. Plano de erosión hídrica del suelo en México. *Revista Geografía Agrícola* 3: 23-27.
- FAO. 1976. *A framework for land evaluation*. Soils bulletin 32, Roma.
- . 1985. *Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture*. Soils bulletin 52, Roma.
- . 1997. *Zonificación agro-ecológica. Guía general*. Boletín de Suelos 73, Roma.
- García Lagos, R. 1983. Diagnóstico sobre el estado actual de la erosión en México. *Terra* 1(1):11-14.
- García, N. H., J. López-Blanco, R. Moreno S., M. L. Villers-Ruiz y R. García. 1998. Potencial agrícola del distrito de desarrollo rural 004, Celaya, Guanajuato, México. Una aplicación del enfoque de límites de transición gradual (fuzzy) utilizando un SIG. *Investigaciones Geográficas* 38: 69-83.
- Geissert, D. y J. P. Rossignol. 1987. *La morfoedafolología en la ordenación de los paisajes rurales*. INIREB-ORSTOM, México, 83 pp.
- Geissert, D., D. Dubroeuq, A. Campos y E. Meza. 1994. Carta de unidades geomorfo-edafológicas de la región natural Cofre de Perote, Veracruz, México, escala 1:75,000. Instituto de Ecología-ORSTOM-CONACYT, Instituto de Ecología A.C., Xalapa, México.
- Geissert, D. y D. Dubroeuq. 1995. Influencia de la geomorfología en la evolución de suelos de dunas costeras en Veracruz, México. *Investigaciones Geográficas*, 3: 37-52.
- Geissert, D. 1999. Regionalización geomorfológica del estado de Veracruz. *Investigaciones Geográficas* 40: 23-47.
- . 2000. La cartografía morfoedafológica: un método integral para la evaluación del recurso suelo. En: J. F. López-Olguín, A. Aragón G. y M. A. Valera (eds.).





- Métodos de investigación en las ciencias ambientales*. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México, pp. 1-14.
- González, A., A. Turrent y R. Aveldaño S. 1990. *Provincias agronómicas de las tierras de labor bajo temporal en México*. SARH-INIFAP, México.
- Gutiérrez, R. 1987. Morfoedafología del Totonacapan con énfasis en los aspectos geomorfológicos. En: D. Geissert y J. P. Rossignol (eds.). *La morfoedafología en la ordenación de los paisajes rurales*. INIREB-ORSTOM, México, 83 pp.
- Hennings, V. 2002. Accuracy of coarse-scale land quality maps as a function of the upscaling procedure used for soil data. *Geoderma* 107: 177-196.
- INE. 2001. El ordenamiento ecológico en la gestión y manejo de recursos naturales de cara al siglo XXI. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México.
- Kilian, J. 1972. Les inventaires morphopédologiques. Applications au développement agricole. *L'Agronomie Tropicale* XXVII (9): 930-938.
- Logofet, D. O. y E. V. Lesnaya. 2000. The mathematics of Markov models. What Markov chains can really predict in forest succession. *Ecological Modelling* 285-298.
- López-Blanco, J. y L. Villers-Ruiz. 1995. Delineating boundaries of environmental units for land management using a geomorphological approach and GIS: A study in Baja California, México. *Remote Sensing of Environment* 53: 109-117.
- Ludwig, J. A., J. F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology*. John Wiley and Sons, New York, EUA. 337 pp.
- Lugo, H. J. y C. Córdova F. 1992. Regionalización geomorfológica de la República Mexicana. *Investigaciones Geográficas* 25:25-63, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Maass, J. M. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. En: S. H. Bullock, H. A. Mooney y E. Medina (eds.). *Seasonally dry tropical forest*. Cambridge University Press. Pp. 399-422.
- Malczewsky, J. 1999. Spatial multicriteria decision analysis. En: J. C. Thill (ed.). *Spatial multicriteria decision making. A geographic information sciences approach*. Ashgate, Gran Bretaña. Pp. 11-48.
- Mendoza, E. M. y G. Bocco. 1998. *La regionalización geomorfológica como base geográfica para el ordenamiento del territorio: una revisión bibliográfica*. Serie Varia no. 17, Instituto de Geografía, UNAM. Pp. 25-55.





- Mittermeier, R y C. Goettsch Mittermeier. 1997. *Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos del mundo*. CEMEX, México.
- Ortiz, P. M. A. y L. Espinosa R. 1991. Clasificación geomorfológica de las costas de México. *Geografía y Desarrollo* 11(6):2-9.
- Ortiz-Solorio, A. C. y E. H. Cuanalo de la Cerda. 1978. *Metodología del levantamiento fisiográfico. Un sistema de clasificación de tierras*. Colegio de Postgraduados de Chapingo, México. 85 pp.
- Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J. F. Mas, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma Muñoz, I. Trejo-Vázquez, A. Peralta Higuera, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González Medrano. 2000. El estado actual de los recursos naturales de México: resultados del inventario forestal nacional 2000. *Investigaciones Geográficas* 43:183-203.
- Quiñónez, G. H. 1987. El sistema fisiográfico de la Dirección General de Geografía. *Revista de Geografía* 1(2):13-20.
- Rosete, V. F. y G. Bocco. 1999. Ordenamiento territorial. Bases conceptuales y estrategias de aplicación en México. *Revista Geografía Agrícola* 28: 21-39. Enero-junio.
- Rosete, V. F. 1998. Diseño de base de datos para su aplicación en la evaluación de tierras de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Tesis de Maestría, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México, 78 pp.
- Rositer, D. V. 1990. Ales: a framework for land evaluation using a microcomputer. *Soil Use & Management* 6(1):7-20.
- Rossignol, J. P., D. Geissert, A. Campos y J. Kilian. 1987. Mapa de unidades morfoedafológicas del área Xalapa-Coatepec, escala 1:75,000, INIREB-ORSTOM_CIRAD, Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México.
- SEDESOL. 1993. Ordenamiento ecológico general del territorio nacional. Dirección General de Planeación Ecológica, Instituto Nacional de Ecología, México.
- SEMARNAT. 2002. Términos de referencia del Fondo Sectorial de Investigación Ambiental. Área 1: Ordenamiento ecológico y conservación de ecosistemas. SEMARNAT, México. Pp. 11-13.





- Theocharopoulos, S. P., D. A. Davison, J. N. Mc Arthur y F. Tsouloucha. 1995. GIS as an aid to soil surveys and land evaluation in Greece. *Journal of Soil and Water Conservation* 50(2): 118-124.
- Tricart, J. y J. Kilian. 1979. *L'éco-géographie et l'aménagement du milieu naturel*. Francois Maspero, París. 326 pp.
- Turrent, F. 1986. *Estimación del potencial productivo actual del maíz y frijol en la República Mexicana*. Colegio de Posgraduados Chapingo, México.
- Vázquez, V. 1986. La conservación del suelo y agua en México. Manuscrito DGNA-SARH, México, 54 pp.
- Van Diepen, C. A., H. Van Keulen, J. Wolf y J. A. A. Berkhout. 1991. Land evaluation: from intuition to quantification. En: B. A. Stewart (ed.). *Advances in Soil Sciences*, Springer, pp. 139-204.
- Velázquez, A. 1993. *Landscape ecology of Tláloc and Pelado volcanoes, México*. ITC publication No. 16.
- Verstappen, H. Th. 1984. *Applied geomorphology*. Elsevier, Holanda.
- Zinck, J. A. 1996. La información edáfica en la planificación del uso de las tierras y el ordenamiento territorial. En: R. J. Aguilar, R. A. Martínez y R. A. Roca (eds.). *Evaluación y manejo de suelos*. Consejería de Agricultura, Junta de Andalucía, Sociedad Española de Ciencia del Suelo, Universidad de Granada. Pp. 49-75.
- . 1990. *Soil survey: epistemology of a vital discipline*. ITC Journal 1990-4. Pp. 335-351.
- . 1988. *Physiography and Soils*. Soil Survey Course ITC, Enschede. Holanda. 156 pp.
- Zonneveld, I. H. 1979. *Land evaluation and landscape science*. ITC, Holanda.





AGRADECIMIENTOS

Este documento es el resultado de una investigación financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT (Proyecto SEMARNAT 2002-CO1-0133, Eco regionalización como base para la evaluación de la aptitud del territorio), en el marco del Fideicomiso SEMARNAT-CONACYT, convocatoria 2002-2003.







Introducción

Una de las cuestiones centrales en las etapas de caracterización y diagnóstico en los diferentes esquemas de ordenamiento del territorio es la regionalización o delimitación territorial, la cual es necesaria tanto para la evaluación de la aptitud del terreno –paso previo al (del) ordenamiento–, como para la zonificación de peligros y vulnerabilidad o para establecer la distribución geográfica de la biota.

Los esquemas de regionalización dirigidos a evaluar un territorio con fines de planificación han sido desarrollados utilizando diversos enfoques. El objetivo de este trabajo es revisar las aproximaciones más destacadas a la regionalización, tanto a nivel internacional como nacional, con el fin de proporcionar las bases teóricas y metodológicas necesarias para delimitar el territorio con miras a su análisis y evaluación (Mendoza-Cantú 1997). Presentamos, en primer lugar, las escuelas del nivel internacional, iniciando con las originadas en la antigua Unión Soviética y Europa Oriental, y luego las desarrolladas en Australia y Europa Occidental. En segundo lugar se describen aquellos enfoques desarrollados en México.

EL NIVEL INTERNACIONAL

El enfoque de la Geografía Física Compleja o Geografía del Paisaje (escuela rusa)

El enfoque de la Geografía Física Compleja es la más antigua de las escuelas de unidades integrales del espacio geográfico, pues tiene su origen a finales del siglo





XIX. Se basó en las contribuciones del científico ruso V. V. Dokuchaev (fundador de la edafología genética) y del biogeógrafo alemán A. Humbolt, quienes sentaron las bases para enunciar posteriormente las leyes de la zonalidad y azonalidad geográfica. El desarrollo teórico de la Geografía Física Compleja como ciencia fue realizado en la antigua Unión Soviética por los discípulos de Dokuchaev y ha continuado hasta la actualidad (Mateo 1984).

La Geografía Física Compleja considera que el globo terráqueo está formado por cuerpos individuales que actúan como componentes de un sistema complejo. De aquí se derivan dos acepciones básicas: envoltura geográfica y complejo territorial natural. La primera se refiere a toda la superficie del planeta y la segunda a sus unidades inferiores. Una de las metas fundamentales de la Geografía Física Compleja es la explicación de la génesis, estructura, evolución y dinámica de los paisajes como base para su evaluación, aprovechamiento y protección.

Esta escuela ofrece un sistema de clasificación taxonómica donde se distinguen las unidades tipológicas y las regionales, con índices diagnóstico y definiciones en cada caso. Las unidades tipológicas, como su nombre lo indica, son unidades "tipo", que se repiten en el espacio y se caracterizan por la existencia de muchos contornos con desunión espacial de los mismos. Las unidades tipológicas se pueden encontrar en cualquiera de los tres niveles geográficos que reconoce esta escuela: planetario, regional y local o topológico. Por su parte, las unidades regionales no pueden cartografiarse al nivel local; sólo pueden distinguirse a nivel regional y planetario. Son unidades individuales e irrepetibles en el espacio, es decir, son únicas (cuadro 1, véase Mateo 1984).

La correlación entre unidades individuales y tipológicas en el nivel planetario y regional no siempre es exacta; por otro lado, las unidades que presentan el prefijo "sub", no necesariamente están presentes en todos los territorios por igual. La clasificación y cartografía de las unidades se basa en el relieve, debido a que éste es el principal factor de diferenciación geoecológica en la superficie terrestre. La distinción de unidades se apoya en dos principios básicos: estructural-genético e histórico-evolutivo. El primero implica reconocer primero la estructura geográfica (expresada en el relieve) y a continuación clasificarla genéticamente. El segundo conduce a esclarecer las correlaciones entre los diferentes componentes naturales en la formación del geocomplejo actual para conocer las causas de su estructura contemporánea.



CUADRO 1. UNIDADES TAXONÓMICAS MÁS COMUNES DEL ENFOQUE FÍSICO-GEOGRÁFICO COMPLEJO

| Nivel | Regional y planetario | | Topológico o local |
|------------------------------|--|----------------------|----------------------|
| Escala | $\leq 1:250\ 000$ (generalmente $\leq 1:1\ 000\ 000$) | | $\geq 1:250\ 000$ |
| Nomenclatura de las unidades | Unidades individuales | Unidades tipológicas | Unidades tipológicas |
| | Continente | Tipo | Sector |
| | Subcontinente | Subtipo | Localidad |
| | País | Clase | Comarca |
| | Dominio | Subclase | Subcomarca |
| | Provincia | Grupo | Facie |
| | Subprovincia | Subgrupo | |
| | Distrito | Especie | |
| | Subdistrito | Subespecie | |
| | Región | | |
| | Subregión | | |

Generalmente, a nivel local, se representan entre dos y tres niveles taxonómicos en un mismo mapa. Las unidades inferiores y básicas de la representación cartográfica tienen que ofrecer información sobre todos los componentes naturales. La nomenclatura de las unidades superiores puede limitarse al tipo morfo-genético del relieve y el clima.

Los cuadros 2 y 3 ofrecen las definiciones e índices diagnósticos de las unidades locales para paisajes de planicies y montañas (según Vidina 1970 y Millar 1980, citados en Mateo 1984).

Desde 1970 a la fecha, los índices han sido enriquecidos conforme ha aumentado el conocimiento de la geosfera y según se ha avanzado en el inventario y clasificación de diferentes territorios a distintas escalas.

En América Latina, los geógrafos cubanos adaptaron este enfoque a las condiciones del trópico americano y posteriormente contribuyeron a su difusión en todo el continente. El máximo desarrollo teórico y aplicado se ha



alcanzado en la Facultad de Geografía de la Universidad de la Habana (Mateo 1984, 2002). Asimismo, éste ha sido implementado en México con diferentes propósitos, por ejemplo, como base para ordenamientos territoriales (Sa-

CUADRO 2. ÍNDICES DIAGNÓSTICOS DE LOS PAISAJES DE PLANICIES (SEGÚN VIDINA 1970 EN MATEO 1984)

| Índice diagnóstico principal | Rango del Complejo Territorial Natural (CTN) | Índices diagnósticos complementarios |
|---|--|---|
| CTN elemental | Facie | Situación en los límites de un mismo elemento del mesorelieve (pero rara vez en una microforma del relieve), igual composición litológica, mismo régimen de humedecimiento del suelo y del manto, similar variedad genética del suelo y la misma biocenosis (fitocenosis) |
| CTN de estructura de un escalón formado por facies individuales | Eslabón | Situación en una microforma del relieve con condiciones litológicas e hidrológicas microdiferenciadas, que determinan el desarrollo de algunas variedades genéticas del suelo y diferencias en la composición biológica de las biocenosis (fitocenosis) |
| | Subcomarca | Situación en un elemento de una mesoforma del relieve con semejanzas en cuanto al ingreso de calor y luz solar, igual espesor de los depósitos en la capa formadora del suelo y la asociación de similares variedades genéticas de suelos y biocenosis (subcomunidades vegetales) |





CUADRO 2. ÍNDICES DIAGNÓSTICOS DE LOS PAISAJES DE PLANICIES (SEGÚN VIDINA 1970 EN MATEO 1984) (continúa)

| Índice diagnóstico principal | Rango del Complejo Territorial Natural (CTN) | Índices diagnósticos complementarios |
|---|--|--|
| CTN elemental | Comarca simple | Situación en la misma mesoforma del relieve y la asociación de écotopos estrechamente asociados por el mismo subtipo genético de suelos y biocenosis correspondientes (subcomunidades vegetales) |
| CTN de estructura de dos escalones, formado de subcomarcas, eslabones y facies individuales | Comarca compleja | Coincide con una mesoforma del relieve (o con una parte de muchos elementos) y se caracteriza por la asociación de regímenes de humedecimiento, rocas formadoras de suelos, tipos genéticos de suelos y similar conjunto de biocenosis (comunidades vegetales) |
| CTN de estructura de muchos escalones, formado por comarcas, subcomarcas, eslabones y facies individuales | Localidad | Coincide con un determinado complejo de mesoformas del relieve (positivas y negativas) que comparten el mismo tipo genético del relieve, el mismo clima e igual fundamento geológico, lo cual resulta en asociaciones similares de grupos genéticos de suelos y formaciones y subformaciones vegetales características |

linas *et al.* 1999), para el pronóstico de la biodiversidad (Priego-Santander *et al.* 2003) y en el análisis de la modificación antrópica de los territorios (Priego-Santander *et al.* 2005).

Los cuadros 4 y 5 presentan el ejemplo de unidades taxonómicas tipológicas e individuales para los casos de Cuba y Brasil a nivel regional (según Mateo 2002). La escala indicativa señala aquella escala para la cual las unidades taxo-





**CUADRO 3. ÍNDICES DIAGNÓSTICOS DE LOS PAISAJES DE LOMERÍOS Y MONTAÑAS
(SEGÚN MILLAR 1980 EN MATEO 1984)**

| Rango taxonómico | Índices diagnósticos |
|-----------------------|---|
| Facie | |
| Eslabón | |
| Subcomarca | <i>Idem.</i> planicies; véase el cuadro 1 |
| Comarca simple | |
| Comarca compleja | |
| Estría | Bloques de mesoformas del relieve con homogeneidad de la litología y del carácter de la estratificación de las rocas superficiales, peculiaridades comunes de la desmembración vertical y horizontal, predominio de un subtipo genético de suelos y de un mismo grupo de asociaciones vegetales |
| Localidad altitudinal | Complejo altitudinal de mesoformas del relieve que poseen propiedades morfogénicas comunes, una misma variante de macroexposición y del régimen hidroclimático local, el predominio de determinadas formaciones vegetales y de subtipos genéticos de suelos |
| Sector | Macropendiente de una exposición (coordillera, macizo, depresión) con peculiaridades propias de diversidad macroexposicional en un espectro del régimen hidroclimático local, una hilera específica de fajas vegetales altitudinales asociadas a tipos genéticos particulares de suelos |

nómicas son las básicas de la representación cartográfica. En este enfoque no se puede llevar a cabo la tarea de la regionalización si no se posee el mapa tipológico correspondiente, pues se considera que el fundamento de la regionalización es la tipología. En la experiencia de nuestro país, el Instituto Nacional de Ecología (INE) adoptó este enfoque para las investigaciones de la cuenca Lerma-Chapala (http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/mapa_paisajefis.html).





El enfoque LANDEP (Landscape Ecological Planning) (Escuela de la antigua Checoslovaquia)

El enfoque LANDEP nace hacia finales de los años 70 del siglo XX en la antigua República Socialista de Checoslovaquia (Instituto de Ecología del Paisaje de la Academia de Ciencias de Eslovaquia) y se enmarca en la tradición de ecología del paisaje de Europa Central. Los geógrafos Milan Ružicka, Ladislav

CUADRO 4. UNIDADES TAXONÓMICAS DE LA TIPOLOGÍA FÍSICO-GEOGRÁFICA COMPLEJA E ÍNDICES DIAGNÓSTICOS PARA LOS PAISAJES DE CUBA Y BRASIL A ESCALA REGIONAL (MATEO 2002)

| Unidad taxonómica | Índices diagnóstico | Escala individual | Ejemplos |
|-------------------|---|--------------------------------|---|
| Tipo | Faja térmica predominante | 1:90 000 000 | Paisajes tropicales |
| Subtipo | Determinada zona bioclimática Predominio de un tipo zonal de paisaje | 1:50 000 000 | Estacional y medianamente húmedos |
| Clase | Megarelieves característicos Carácter de la manifestación de la tonalidad Grandes estructuras fisiográficas | 1:10 000 000 a 1:50 000 000 | Llanuras estacionales con bosques semidecíduos |
| Grupo | Determinada formación vegetal Asociaciones de tipos de relieves específicos Estructuras hidrogeológicas definidas | 1:5 000 000 a 1:10 000 000 | En cuencas vulcanógeno-sedimentarias |
| Subgrupo | Tipos litológicos Unidades fisiográficas homogéneas | 1:2 000 000 a 1:5 000 000 | Sobre rocas efusivas, con plantaciones de caña, en lugar de bosques |





CUADRO 4. UNIDADES TAXONÓMICAS DE LA TIPOLOGÍA FÍSICO-GEOGRÁFICA COMPLEJA E ÍNDICES DIAGNÓSTICOS PARA LOS PAISAJES DE CUBA Y BRASIL A ESCALA REGIONAL (MATEO 2002) (continúa)

| Unidad taxonómica | Índices diagnóstico | Escala individual | Ejemplos |
|-------------------|---|------------------------------|---|
| Subgrupo | Grupos de suelos determinados por la roca madre Predominio de determinada forma de utilización | | Sobre rocas efusivas, con plantaciones de caña, en lugar de bosques semidecíduos sobre suelos pardos sialíticos |
| Especie | Unidades pedológicas y biomas homogéneos. Entidades espaciales homogéneas en las que predomina un tipo de relieve y definidas estructuras litogeológicas. Condiciones hidrográficas y de drenaje homogéneas | 1:1 000 000 a 1:2 000 000 | Denudativas, colinosas, sobre flich y areniscas, sobre suelos medianamente profundos y pedregosos bien drenadas |

CUADRO 5. REGIONALIZACIÓN GEOECOLÓGICA. ÍNDICES DIAGNÓSTICOS DE LAS UNIDADES TAXONÓMICAS DE CUBA Y BRASIL (MATEO 2002)

| Unidad taxonómica | Índices diagnóstico | Escala individual | Ejemplos |
|-------------------|--|-------------------|------------------------------------|
| Subcontinente | Misma situación y posición geográfica. Régimen tectónico similar. Predominio de una determinada combinación de tipos de climas | 1:50 000 000 | América Central América del Sur |





CUADRO 5. REGIONALIZACIÓN GEOECOLÓGICA. ÍNDICES DIAGNÓSTICOS DE LAS UNIDADES TAXONÓMICAS DE CUBA Y BRASIL (MATEO 2002) (continúa)

| Unidad taxonómica | Índices diagnóstico | Escala individual | Ejemplos |
|-------------------|--|--------------------------------|--|
| País | Combinación y dominio de determinadas asociaciones del megarelieve. Comunidad de los procesos de formación del clima Espectro característico de la zonalidad latitudinal y altitudinal | 1:10 000 000 a 1:50 000 000 | Bahamas y Antillas Llanuras y altiplanos de América del Sur |
| Dominio | Estructuras megatectónicas y de megarelieve características Predominio de determinadas condiciones térmicas. Dominio de una determinada faja geocológica | 1:2 000 000 a 1:10 000 000 | Antillas Mayores Altiplano brasileño |
| Provincia | Procesos específicos de formación del humedecimiento Posición sectorial definida. Combinación peculiar de zonas (subtipos) de paisajes | 1:2 000 000 a 1:5 000 000 | Llanuras y montañas de Cuba-Caimán Altiplano Nordestino |
| Distrito | Determinadas relaciones pedobioclimáticas. Proceso geocológicos similares. Predominio de un grupo y subgrupo de paisajes. | 1:1 000 000 a 1:2 000 000 | La Habana-Matanzas Depresión interplanaáltica sertaneja |
| Región | Estructura orográfica específica. Determinadas relaciones geocológicas. Predominio de una especie de paisajes | 1:500 000 a 1:1 000 000 | Llanura de Artemisa Depresión Cearense |





Miklós y Jaromír Demek, entre otros, han sido los principales exponentes de este enfoque. Se trata de un método diseñado para integrar sistemas territoriales socio-naturales que sirvan a los propósitos de armonizar las demandas del desarrollo socio-económico con las necesidades de protección de la naturaleza y del ambiente humano. Su principal objetivo es crear una organización espacial óptima desde el punto de vista ecológico-paisajístico, para el aprovechamiento y protección del territorio; esto es, la creación de un sistema de manejo del territorio que armonice, tanto como sea posible, las condiciones naturales y socioeconómicas.

Este procedimiento metodológico consta de cinco pasos básicos, desde la recopilación de información hasta la propuesta final de ordenación del territorio (Ruži ka y Miklós 1982). Desde su creación y publicación inicial, el método se ha perfeccionado y desarrollado, incorporando cada vez más aplicaciones de sistemas de información geográfica (SIG), herramientas estadísticas y aumentando la carga matemática en la toma de decisiones. Una exhaustiva explicación del mismo puede ser consultada en la cita anterior; ejemplos de su aplicación se analizan en *Ekológia* (Bratislava), vol. 19, Supplement 2/2000, disponible en <http://www.sav.sk/journals/ekol/eks200.htm>.

A continuación se analiza el procedimiento para la delimitación y definición de unidades integrales, las cuales sirven de base al proceso de evaluación y proposición final de ordenación territorial (Ružicka y Miklós 1982; Izakovicová 2002). Es importante señalar que el método no fue diseñado para una escala en específico, por lo que puede ser aplicado a cualquier territorio sin importar sus dimensiones, a condición de que se disponga de la información necesaria. Consta básicamente de dos etapas, la de análisis parcial y la de síntesis compleja, las cuales se describen a continuación.

- Análisis parcial: consiste en la evaluación, formalización y homogenización de los datos existentes. Ružicka y Miklós (1982) afirman que prefieren excluir información relacionada con la génesis del relieve, debido a lo difícil y engorroso de contar con la misma en todas las circunstancias y en tiempo relativamente breve. La información se va superponiendo en el SIG,





partiendo de la geológica, relieve, suelos, vegetación, uso del suelo y otros procesos antrópicos. La información anterior debe estar en formato cartográfico.

- Síntesis compleja: el propósito de la síntesis es crear unidades de paisajes homogéneas (tipos y regiones). En estas unidades, las propiedades de los indicadores anteriores tienen un valor similar en toda el área y en todos los lugares de ocurrencia de las mismas.

Esta etapa puede ser subdividida en tres:

- a. Tipificación ecológico-paisajística parcial: es la formalización de los resultados de la superposición continua anterior, o sea, la tabulación e identificación en el SIG de todos los polígonos obtenidos, para los cuales se crea una base de datos asociada, la cual expresa toda la información, individualizada por polígonos.
- b. Tipificación ecológico-paisajística compleja: es la formación y caracterización de los tipos de "complejos ecológico-paisajísticos". Consiste en la agrupación inicial de los polígonos obtenidos en el paso anterior, según su afinidad en las propiedades analizadas. Estos polígonos son agrupados usando técnicas estadísticas, principalmente, índices de similitud. El mapa que se obtiene es tipológico, o sea, pueden existir unidades separadas espacialmente pero que pertenecen al mismo tipo si sus valores de similitud están dentro de determinado rango. Los tipos de paisajes pueden ser organizados en un esquema lógico de jerarquía según sus propiedades, esto es, se puede obtener una organización jerárquica.

Los tipos ecológicos del paisaje (LET, por sus siglas en inglés), sirven como unidades operativas en el proceso posterior de evaluación y proposición de uso del territorio. Según los autores, la síntesis obtenida hace posible que los procesos de decisión se tomen sobre la base de todas las propiedades del paisaje, incluyendo aquéllas que puedan ser consideradas como menos esenciales.

- c. Regionalización ecológico-paisajística: constituye una agrupación posterior que aglomera a los tipos anteriores. Mediante métodos estadísticos se crea un mapa que agrupa a los tipos ecológicos del paisaje en unidades superio-





res llamadas regiones ecológicas, que sirven al propósito de una caracterización global del paisaje. El mapa que se obtiene es de unidades individuales, es decir, se presta atención al principio de la comunidad territorial (para que varias unidades compongan una región ecológica deben poseer continuidad espacial) y en la nomenclatura de las unidades se puede acudir a la toponimia local.

El enfoque es en esencia inductivo (las unidades se definen de lo particular a lo general) y pragmático. En el procedimiento se combina información que parece no tener relación entre sí, tal como tipo geológico y contaminación por ruido; la explicación para esto es que en la realidad todos los fenómenos ocurren en el mismo espacio geográfico (Milan Ružicka, comunicación personal, Ciudad de la Habana, Cuba, junio de 1989).

El método ha sido probado con éxito no solo en Europa Central sino también en el sudeste asiático y en algunos territorios africanos (éxito medido en términos de la rapidez con que se logra el esquema final de ordenación territorial y la coherencia espacial de las recomendaciones) (Miklós 1995). Recientemente, este procedimiento fue introducido en el Capítulo 10 de la Agenda 21 como uno de los métodos recomendados para el inventario y protección de los recursos naturales (Izakovicová 2002). No conocemos de experiencias de implementación de esta metodología en México.

Enfoque de ecología del paisaje (escuela de la ex Alemania Oriental)

La escuela alemana de Geoecología o Ecología del Paisaje tiene sus orígenes en los trabajos realizados por C. Troll (Bocco 2003) desde la década de los años 30 del siglo XX, los cuales se enmarcaron en la tradición de A. Humbolt. Sin embargo, con la división de Alemania después de la Segunda guerra mundial, en la antigua República Democrática Alemana (RDA), se continuó la tradición geográfica integral y en la década de 1960 surge el enfoque que trataremos a continuación, y cuyos máximos exponentes son J. Schmithuesen, G. Haase, E. Neef, K. Mannsfeld, E. Niemann y O. Bastian entre otros (Bastian 1999).





Los estudios de ecología del paisaje desarrollados por los geógrafos de la ex Alemania Oriental se caracterizaron por su gran detalle y las escalas relativamente grandes (generalmente $\geq 1:10\ 000$). Tales trabajos de inventario, clasificación y cartografía de paisajes se basan en perfiles muy detallados y aunque la clasificación es tipológica, casi pudiera hablarse de levantamientos de unidades individuales a nivel local (IGG 1986).

El concepto básico del enfoque es el "topo", es decir, esferas parciales de geocomponentes que conforman un todo único integral en la superficie terrestre (hidrotopo, geotopo, pedotopo, climatopo, biotopo) y que tienen su manifestación espacial en una determinada geofoma del relieve. El enfoque es corológico, o sea, se basa en la superposición de "anillos" de geocomponentes parciales que conforman siempre una unidad de paisaje o geocomplejo.

Como el enfoque ha sido desarrollado para el nivel local, sólo posee cuatro unidades taxonómicas y no tiene unidades regionales salvo la más simple, o sea, la región de paisajes, que en la tradición alemana se conoce como *landschaft*. Las unidades de levantamiento son las siguientes:

Nanogeocoras (nanocoras): son asociaciones naturales heterogéneamente compuestas pero con una estructura muy simple. Representan unidades con muy limitado número de conjuntos de "topos". Las nanocoras están formadas, como promedio, por entre 3 y 6 geofomas (microformas del relieve) diferentes y pueden poseer entre 4 y 6 geotopos. Por lo tanto, las nanocoras tienen un patrón simple de vinculación de los geotopos (en su estructura vertical, es decir, relieve-suelo, suelo-biota, roca-relieve, por ejemplo) con formas muy homogéneas de vinculación espacial entre ellas. Puede ser equivalente a los niveles de facies y subcomarcas del enfoque ruso.

Microgeocoras (microcoras): son combinaciones (mosaicos) de geotopos asociados en un nivel superior. Son uniones de nanocoras. Contienen como promedio entre 80 y hasta 100 geotopos que se expresan en 12–15 geofomas diferentes. Los patrones de los topos en las microcoras reflejan ante todo las condiciones genéticas del paisaje. Por esta razón, las unidades de microcoras incluyen nanocoras similares, vinculadas por patrones espaciales particulares de los geotopos. Puede ser equivalente a los niveles de comarcas simples y complejas del enfoque ruso.





Geocoras: es la unidad de paisaje básica (más importante y mayor) del nivel local. Es una asociación o mosaico de microcoras. Entre sus más importantes atributos está: la heterogeneidad espacial de la estructura de microcoras que la componen, es decir, es una congregación de geotopos y ecotopos. Para la distinción de geocoras se siguen cuatro principios básicos:

- a. Las geocoras son “compuestos” que difieren de las unidades vecinas claramente por las características de su estructura interna y espacial, es decir, por su composición específica de suelos, relieve, rocas, etc. y por el arreglo espacial de los componentes.
- b. Los límites de las geocoras se forman donde los geotopos vecinos poseen similitudes que los hacen diferentes al propio y donde patrones diferentes de vinculación entre los topos adyacentes pueden ser reconocidos.
- c. Tales límites se expresan no solo en propiedades individuales, sino, en conjuntos de propiedades de la estructura espacial que varían en los geotopos adyacentes.
- d. Estas características se pueden apreciar al comparar propiedades actuales y relictos de los geotopos. En este sentido, adquieren relevancia las propiedades del “invariante”, o sea, aquellas características de los geocomponentes que son más estables en el tiempo.

Las geocoras pueden ser equivalentes a las localidades en el sistema ruso.

Regiones naturales: es el nivel más alto de agregación espacial en este enfoque y está determinado por leyes naturales, según los autores. Son conjuntos de geocoras y ocupan grandes territorios con similitudes funcionales desde el punto de vista físico-geográfico. Son similares a las regiones de paisajes de la escuela rusa.

Quizás el aporte más importante de este enfoque no sea la propuesta de organización taxonómica de las unidades integrales sino el desarrollo de la teoría de los potenciales naturales como base para los ordenamientos territoriales. Tricart y Killian (1982) hacen un estupendo análisis de esta escuela. En Bastian (1999) se pueden apreciar varios ejemplos de la aplicación de este enfoque teórico-metodológico y su





desarrollo completo está disponible en la Biblioteca del Instituto de Geografía de la UNAM. En México, PLADEYRA (2000) implementó la evaluación de potenciales naturales como base para el ordenamiento ecológico de la cuenca del río Filobobos, en Veracruz.

Levantamiento de tierras (Land system, escuela australiana)

El Levantamiento de tierras fue diseñado en el C.S.I.R.O. (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*), Australia, entre 1943 y 1945, con apoyo en el uso sistemático de fotografías aéreas. La fotointerpretación del medio natural busca reconocer las características de un continente entonces casi vacío, a través de estudios a pequeña (1:1 000 000; 1:500 000) y mediana (1:250 000) escalas, es decir, en áreas del orden de las decenas de miles o miles de km² (Tricart y Kilian 1982; Bolós *et al.* 1992). El Levantamiento de Tierras es de carácter fisonómico y fisiográfico; los tipos de paisaje se reconocen con la 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 terreno (Land System): constituye el nivel más elevado que en la práctica corresponde al de región natural, como por ejemplo, una 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. Se presentan también, cuadros 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 eminente carácter empírico y descriptivo, además de las limitaciones propias de la fotointerpretación a escala pequeña (es decir, en áreas muy grandes).

Levantamiento geomorfológico (Geomorphological survey, escuela holandesa)

El Sistema de levantamiento geomorfológico, establecido por el entonces Instituto de Levantamientos Aeroespaciales y Ciencias de la Tierra (ITC), en Enschede, Países Bajos (Verstappen y Van Zuidam 1991), busca la delimitación de unidades físico-ambientales, y se propone como una de las principales fuentes de datos para la comprensión 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 se basa en un enfoque de paisaje 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 (1:50 000 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) que 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 clasifica-





ción jerárquica (que se describen más abajo), 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; y se utiliza para la identificación de sitios provisionales en proyectos de desarrollo o como guía para la planeación y desarrollo; también puede 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 puede variar de 1:10 000 a 1:50 000. 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 las 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.

Entre los trabajos realizados en México 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.

Enfoque morfopedológico (morphopédologie, sensu Tricart y Killian; escuela francesa)

El enfoque morfopedológico fue desarrollado en el Centro de Geografía Aplicada (CGA) en la Universidad de Estrasburgo, Francia (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 ocurren sobre un mismo medio y están influenciados por los mismos factores (clima, vegetación, materiales litológicos, hombre, entre otros) (Rossignol 1987); de su balance se desprenden consideraciones importantes sobre la fragilidad de las unidades de mapeo.

Las unidades delimitadas en los mapas morfoedafológicos 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 es la sobreposición de mapas temáticos, sino una síntesis de los diferentes elementos del medio natural (Rossignol 1987)

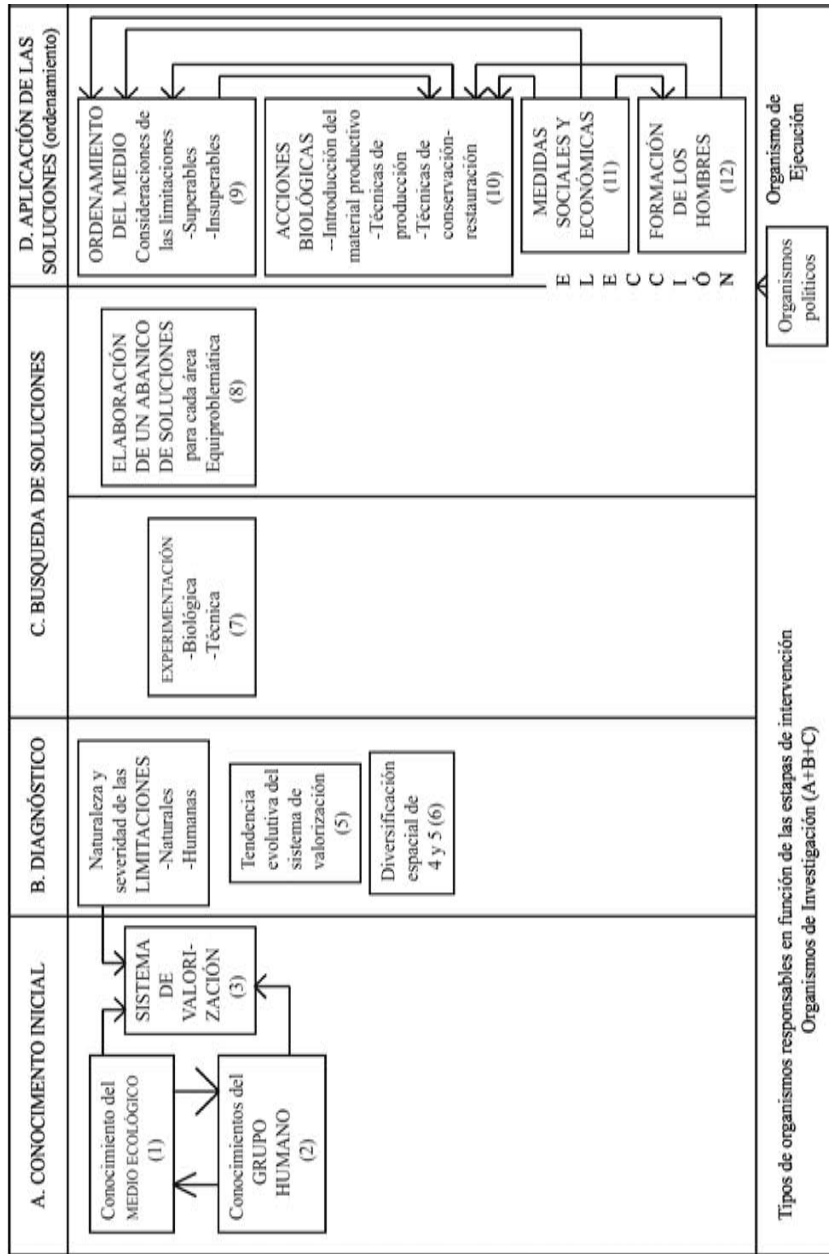
Este enfoque metodológico fue ampliamente utilizado en México por el entonces Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB; hoy Instituto de Ecología, A.C.), principalmente en localidades del estado de Veracruz (Geissert y Rossignol 1987), para propósitos de ordenamiento del territorio (figura 1).

Levantamiento de ecología del paisaje (Landscape ecological survey)

El concepto de ecología del paisaje fue definido por Carl Troll en 1950 como el estudio de las relaciones físico-biológicas que gobiernan las diferentes unidades espaciales de una región (Forman y Godron 1986). Considera que las relacio-



FIGURA 1. PROGRAMACIÓN DE UN ORDENAMIENTO NATURAL (TRICART Y KILIAN (1982))





nes ambientales 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). Los levantamientos de ecología del paisaje buscan comprender la dinámica espacial y temporal de los procesos ecológicos para proponer un manejo ecosistémico en el marco de la planificación del uso de la tierra o suelo (Forman y Godron 1986; Etter 1991).

El enfoque se basa en un análisis integrado de los factores formadores del paisaje, es decir, litología, geoformas, agua, suelos, vegetación y uso de la tierra, y los asentamientos humanos asociados. Se apoya 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).

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 el cuadro 6 (Etter 1991). A cada nivel de representación le corresponde una de las siguientes cuatro unidades jerárquicas de mapeo. La metodología de estos levantamientos es explicada ampliamente por Zonneveld (1979) y Etter (1991).

Paisaje principal: corresponde a la combinación de sistemas terrestres.

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 (sitio), caracterizada por su homogeneidad en al menos un atributo.

Este enfoque es, tal vez, el más integral de todos los anteriormente descritos, y su 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 se 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).

Levantamiento geopedológico (Geopedologic survey sensu Zinck)

El Levantamiento geopedológico es un sistema de clasificación jerárquico propuesto por 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. Se utilizan en forma sistemática niveles categóricos y taxa para indicar las distintas unidades que se encuentran contempladas en cada nivel jerárquico. Este último punto 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 delimitan los seis niveles propuestos.

Geoestructura (Geostructure): 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.

CUADRO 6. NIVELES DE ANÁLISIS ACEPTADOS Y UTILIZADOS EN EL CIAF-IGAG. MODIFICADA DE ETTER (1991)

| Nivel de estudio | Escala de análisis | Principal escala de análisis |
|------------------|--------------------|------------------------------|
| Exploratorio | <1:250 000 | 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 |

-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 jerar-





quía 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 geoformas incluidas

Valle

Planicie

Peniplanicie

Altiplanicie

Piedemonte

Lomeríos

Sierra o montaña

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

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

Modelado: geoforma determinada por las condiciones morfoclimáticas específicas o procesos morfogenéticos (por ejemplo: glacis, 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.

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 geoformas, ya sean acumulativas o denudativas, se desarrollan sobre distintos materiales, como 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: clasificación convencional de tipos de roca

-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 geoforma 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 7.

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 8).

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).

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 para su eventual implementación en programas de ordenamiento del territorio nacional (Bocco *et al.* 1996).

Regionalización ecológica (sensu Comisión para la Cooperación Ambiental, CCA)

El devenir de los problemas ambientales, reconocidos con mayor nitidez en las últimas dos décadas del siglo XX, impulsó la necesidad de contar con clasificaciones del territorio que incluyeran más activamente criterios ecológicos. En los años 1980, investigadores de la Environmental Protection Agency (EPA) de los Estados Unidos desarrollaron las primeras aproximaciones formales de regionalización ecológica, las cuales sufrieron refinamientos posteriores (Bailey 1976; Bailey 1987; Omernik 1987; Bailey 1995; Omernik 1995). Según este





enfoque, el territorio puede clasificarse en áreas relativamente homogéneas, que exhiben similitudes en un mosaico de recursos ambientales, ecosistemas y efectos de las actividades humanas. Las bondades de este tipo de clasificación tienen que ver con su potencial para servir como marco espacial para la investigación, evaluación, manejo y seguimiento (monitoreo) de ecosistemas y de componentes de ecosistemas y para contribuir a la valoración del riesgo ambiental (Omernik 1995; EPA 2006, disponible en <http://www.epa.gov/wed/pages/ecoregions.htm>).

Si bien hay un acuerdo general en que estas regiones ecológicas existen sobre la tierra y en las ventajas de su delimitación frente a otros marcos conceptuales (Omernik y Bailey 1997), hay considerables desacuerdos acerca de cómo definir las. Para Omernik (1995), en coincidencia con los criterios de investigadores canadienses (Wiken 1986), cada área de la tierra puede ser vista como un sistema discreto el cual es el resultado del interjuego de su geología, relieve, suelo, vegetación, clima, vida silvestre, agua y factores humanos presentes. La dominancia de uno o varios de uno de ellos puede variar en cada una de las unidades de tierra dadas. Según la aproximación de Bailey (1976), en cambio, la clasificación depende de una sola característica a cada nivel jerárquico.

En 1997, la Comisión para la Cooperación Ambiental, (CCA o CEC por sus siglas en inglés), un organismo gubernamental de cooperación entre Canadá, Estados Unidos y México derivado del Tratado de Libre Comercio para América del Norte (1992), hizo público un documento que formalizó la delimitación y clasificación de regiones ecológicas de dicho sub-continente. El propósito del trabajo fue obtener una cartografía de áreas relativamente homogéneas que, con inclusión de su complejidad, fungiera como una herramienta de estudio, evaluación y seguimiento de ecosistemas, y permitiera constituir un criterio y lenguaje común, entendible y útil con fines de comunicación y planificación (CEC 1997). Los criterios utilizados por esta Comisión se apoyaron en aquellos sostenidos por Omernik (1987) para las ecoregiones de los Estados Unidos, Wiken (1986) para las de Canadá, y contribuciones no publicadas del equipo de trabajo inter-institucional de México. Para esta regionalización, la Comisión recurrió a una visión holista y amplia de las características territoriales, considerando componentes persistentes



CUADRO 7. 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 | Pleistoceno Superior | Holoceno |
| Forma de relieve= Forma topográfica + Posición geomórfica + Unidad geocronológica = Marco de formación de suelos | | |

CUADRO 8. ESQUEMA BÁSICO DE LA CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA ZINCK (1988)

| Nivel | Categoría | Concepto genérico | | | |
|-------|-----------|------------------------|----------------------------------|---|-----------------------------------|
| 6 | Orden | Geoestructura | Abstracción | ↑ | Abstracción ↑ Identificación ↓ |
| 5 | Suborden | Ambiente morfogenético | Generalización (menos atributos) | | |
| 4 | Grupo | Paisaje | | | |
| 3 | Subgrupo | Relieve/modelado | Definición | | |
| 2 | Familia | Litología/facies | Detalle (más atributos) | ↓ | |

(a escalas de tiempo ecológico) de los ecosistemas contenidos dentro de las áreas delimitadas. Entre tales componentes se incluyeron el suelo, relieve y principales tipos de vegetación. Los usos actuales de la tierra, los cuales no siempre son apreciados como criterios útiles para delimitar áreas ecológicas, fueron, en este caso, también considerados, siendo relevantes y en algunos casos, esenciales para la descripción. El clima también fue considerado pero, a diferencia de otros componentes estables, requiere ser valorado por inspección de registros históricos. Esta clasificación territorial fue jerárquica (anidada), apoyada en un proceso de integración del conocimiento en lugar de un proceso de superposición de información. Por ello, los componentes considerados para la delimitación de áreas homogéneas no necesariamente fueron los mismos para todas las regiones ecológicas. Los



parámetros utilizados inicialmente para definir un área dependieron de los antecedentes del científico que analizó la información y aquellos indicadores que se consideraron con mayor contribución para comprender la naturaleza del sistema.

La clasificación de ecoregiones realizada por la CEC, dio lugar a una delimitación de Norte América a tres niveles de detalle (cuadro 9). En el Nivel I y II, las regiones ecológicas fueron asociadas a nombres de uso común en los países respectivos. En los casos de ecoregiones compartidas entre países, los nombres fueron adaptados. Los niveles II y III, proveyeron subdivisiones anidadas en su respectivo nivel superior. El nivel IV de ecoregionalización, disponible para el territorio de Estados Unidos a escala 1: 250 000, apunta a facilitar la evaluación, seguimiento y toma de decisiones a escalas muy localizadas, aunque manteniendo la perspectiva de las más amplias regiones establecidas a niveles jerárquicos superiores (CEC 1997).

EL NIVEL NACIONAL: ESQUEMAS DESARROLLADOS EN MÉXICO

La regionalización ecológica de SEDUE

La técnica de regionalización propuesta por la entonces SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología) 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 10).

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 (figura 2).

Provincia ecológica: es delimitada a partir de criterios fisiográficos y climáticos (cuadro 11) 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.

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 topoformas 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 10.

Unidad natural: corresponde a la topoforma 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 topoformas 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 a y b).

Sistema fisiográfico de INEGI

El 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

**CUADRO 9. RESUMEN DE LA REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA
PARA AMÉRICA DEL NORTE REALIZADA POR LA CEC (1997)**

| Nivel | Perspectiva | Escala aproximada de representación | Número total de ecoregiones | Insumos utilizados |
|-------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--|
| I | Continental | 1:50 000 000 | 15 | Imagen satelital Mapas temáticos 1: 40-50 millones |
| II | Nacional/ regional | 1:30 000 000 | 52 | Imagen satelital Mapas temáticos 1: 20-30 millones |
| III | Regional | 1:5- 10 000 000 | ≈ 200 | Imagen satelital Mapas temáticos 1: 2-4 millones |

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) 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.

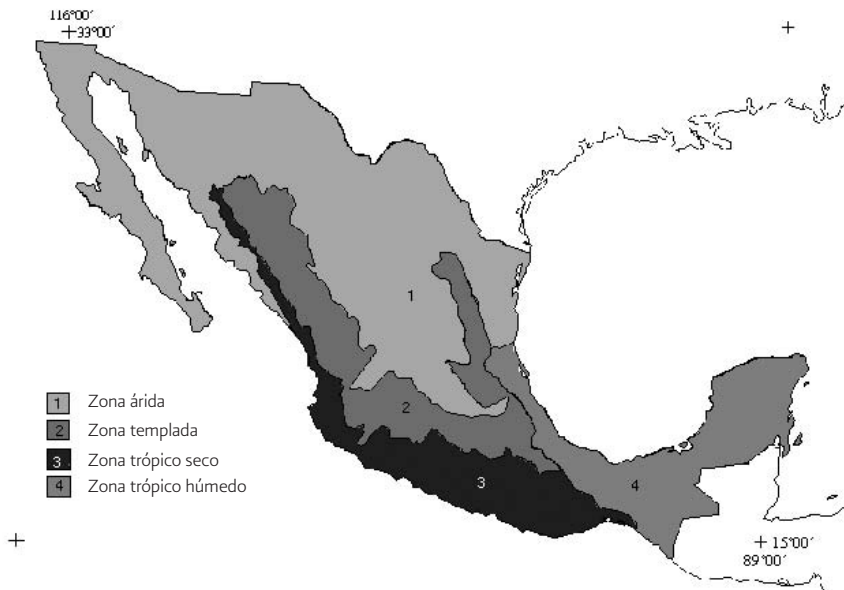




Elemento topográfico: definido como una superficie topográfica homogénea cuyos límites le son dados por cambios en el tipo de curvatura superficial (cóncavo, convexo, llano) en sentido vertical, horizontal o ambos, o por cambios abruptos en la pendiente. Representó un esfuerzo importante en la cartografía del relieve mexicano. Es más fácilmente aplicable para el levantamiento de suelos en sus tres categorías más detalladas. Este sistema ha sido ampliamente utilizado en el país, como por ejemplo en la regionalización ecológica del Instituto Nacional de Ecología (2001). Algunas debilidades son la ausencia de una jerarquización taxonómica, la falta de un criterio rector para cada nivel, lo cual dificulta su replicabilidad, y no incluye ninguna categoría transicional (piedemontes).

Levantamiento fisiográfico (U. A. Chapingo y COLPOS)

**FIGURA 2. ZONAS O DOMINIOS ECOLÓGICOS DE MÉXICO.
SIMPLIFICADO DE SEDUE (1988)**





El Levantamiento fisiográfico también ha sido denominado Sistema de clasificación de unidades terrestres y ha sido propuesto por el Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo y del Colegio de Posgraduados (COLPOS) (Ortiz Solorio y Cuanalo de la Cerda 1978; 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,

CUADRO 10. 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 |

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 a 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 a escalas mayores a 1:10 000.

Las unidades se interpretan sobre imágenes de satélite 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.

COMENTARIOS FINALES

En el cuadro 11 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. Como puede apreciarse, y pese a las diferencias entre enfoques y métodos, es posible establecer una correlación entre los diferentes sistemas de





las escuelas descritas en este trabajo. Particularmente importante son las correlaciones que pueden establecerse entre las tres últimas categorías de nivel más detallado, que se refieren a las escalas más utilizadas en el ordenamiento regional y local.

Las diferentes corrientes o métodos de evaluación del terreno presentados en esta revisión 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. En 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 1997).

En algunos enfoques, como el levantamiento geomorfológico y el geopedológico, existe un 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 éstas la cantidad de atributos es menor. Por 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 intérprete.



CUADRO 11. TIPOLOGÍA JERÁRQUICA DEL PAISAJE SEGÚN ALGUNAS ESCUELAS INTERNACIONALES Y NACIONALES. COMPILADO DE ORTIZ-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 | Sistema ruso (Paisajístico) | LANDEP (fisiográfico) | Enfoque de la ex Alemania Oriental (paisajístico) | Christian y Stewart (fisiográfico, CSIRO) | Zon-neveld (holístico, ITC-CIAF) | Van Zuidam (geomorfológico, ITC) | Zinck (geomorfológico, Suelos, ITC) | SEDUE (paisajístico) | INEGI (fisiográfico) | Ortiz-Solorio y Cuanalo de la Cerda (Levantamiento fisiográfico de suelos de Chapin-go) |
|---------|-----------------------------|-----------------------|---|---|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------|---|
| General | | | | | | | | Zona | | Zona terrestre |
| ↑ | | | | | | | Geoes- trutura | | | División terrestre |
| | | | | | | | | | Provincia fisiográfica | Provincia terrestre |

CUADRO 11. CONTINUÍA

| Nivel | Sistema ruso (Paisajístico) | LANDEP (fisiográfico) | Enfoque de la ex Alemania Oriental (paisajístico) | Christian y Stewart (fisiográfico, CSIRO) | Zonneveld (holístico, ITC-CIAP) | Van Zuidam (geomorfológico, ITC) | Zinck (geomorfológico, Suelos, ITC) | SEDUE (paisajístico) | INEGI (fisiográfico) | Ortiz-Solorio y Cuanalo de la Cerda (Levantamiento fisiográfico de suelos de Chapin-go) |
|-------|-----------------------------|--------------------------|---|---|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------|---|
| | Región físico-geográfica | Región Ecológica Paisaje | Regiones Naturales | Sistema de terreno complejo | Paisaje principal | Provincia de terreno | Ambiente morfogenético | Provincia ecológica | Subprovincia fisiográfica | Región terrestre |
| | Localidad | | Geocoras | | | | | | Discontinuidad fisiográfica | Subregión terrestre |
| | Comarca | | | Sistema de terreno | Sistema de terreno | Sistema de terreno | Paisaje geomorfológico | Sistema terrestre | Sistema de topografías | Sistema terrestre |



CUADRO 11. CONTINUÍA

| Nivel | Sistema ruso (Paisajístico) | LANDEP (fisiográfico) | Enfoque de la ex Alemania Oriental (paisajístico) | Christian y Stewart (fisiográfico, CSIRO) | Zonneveld (holístico, ITC-CIAF) | Van Zuidam (geomorfológico, ITC) | Zinck (geomorfológico, Suelos, ITC) | SEDUE (paisajístico) | INEGI (fisiográfico) | Ortiz-Solorio y Cuanalo de la Cerda (Levantamiento fisiográfico de suelos de Chapin-go) |
|-----------|-----------------------------|----------------------------|---|---|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|---|
| ↓ | Submarca | | Microgeocoras | Unidad de terreno | Faceta terrestre | Unidad de terreno | Relieve/modelado Litología/facies | Paisaje terrestre | Topomas | Faceta |
| Detallado | Facie | Tipo Ecológico del Paisaje | Nano-geocoras | Faceta de terreno | Ecotopo | Componente de terreno | Forma de relieve | Unidad natural | Elemento de topografías | Elemento |





BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, A. y A. Etter. 1987. Levantamiento ecológico del área de colonización de San José de Guaviare. Proyecto DAINCO-CASAM.
- 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*.
- Andrade A. y A. González. 1995. Marco conceptual y metodológico para la zonificación ecológica. *Revista SIG-PAFC, Sistemas de Información Geográfica-Plan de Acción Forestal para Colombia*.
- Bailey, R. G. 1976. Ecoregions of the United States. Map (scale 1:7,500,000). Ogden, Utah: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service. Intermountain Region.
- . 1987. Mapping Ecoregions to Manage Land. En: *Yearbook of Agriculture*. U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C., pp 82-85.
- . 1995. *Ecosystem Geography*. Springer-Verlag, New York, EUA.
- Bastian, O. 1999. Description and analysis of the natural resource basis. En: R. Krönert, J. Baudry, I. R. Bowler y A. Reenberg (eds.). *Land-use changes and their environmental impact in rural areas in Europe*. MAB: Man and the Biosphere Series, Vol. 24, publ. by UNESCO, París y The Parthenon Publishing Group, Carnforth. Capítulo 3, pp. 43-64.
- 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 pp.
- Bocco, G. 1986. Aspects of the anthropic erosion in Tlalpujahua River Basin in Central Mexico: An Applied Geomorphological Approach. Msc. Thesis, ITC, Enschede, Holanda.
- . 1990. Gully Erosion analysis using Remote Sensing and Geographical Information System; a Case Study in Central Mexico. PhD Thesis, Univ. Amsterdam-ITC Enschede, Holanda, 130 pp.
- . 2003. Carl Troll y la Ecología del Paisaje. *Gaceta ecológica* 68: 69-84.
- Bocco, G., A. Velázquez, M. E. Mendoza, M. A. Torres y A. Torres 1996. Informe final, Subproyecto Regionalización Ecológica, Proyecto de Actualización del Ordenamien-





- to Ecológico General del Territorio del País. Elaborado para el Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAP), México, 95 pp.
- Bocco, G y M. E. Mendoza, 1997. La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. *Geografía y Desarrollo*.
- Bolós, I., M. Capdelia, 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 pp.
- 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.
- CEC. 1987. *Ecological Regions of North America: Toward a Common Perspective. Commission for Environmental Cooperation* (Canadá, Estados Unidos y México). Montreal, Canadá. Disponible en: www.cec.org.
- Cuanalo de la Cerda, H., E. Ojeda-Trejo, A. Santos-Ocampo y C.A. Ortiz-Solorio. 1989. *Provincias, regiones y subregiones terrestres*. Colegio de Posgraduados, Centro de Edafología, Chapingo, México, 624 pp.
- 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 pp.
- Demek, J. (ed.). 1972. *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*. Academia, Praga. 344 pp.
- . (ed.). 1976. *Guide to Medium-Scale Geomorphological Mapping*. Academia, Praga. 339 pp.
- 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 pp.
- Forman, R. T. y M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons, Nueva York, EUA, 619 pp.
- García de Fuentes, A. 1975. Introducción al Concepto de Regionalización. En: *Introducción al concepto de regionalización*. Serie Varia. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 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 pp.
- IGG (Institute of Geography and Geoecology). 1986. Landscape Ecology. Abstract of Lecture. International Training Course. Academy of Sciences of the German Democratic Republic, Leipzig, 135 pp.
- Izakovicová, Z. 2002. Urban Ecology research in Slovak Republic. En: Development of an Integrated European Research Programme on the Urban and Peri-Urban Environment. ESF/NERC-URGENT/EuroMAB/DEFRA/UK-Urban Forum Workshop Thursday 11–Saturday 13 April 2002, The University of Birmingham, UK http://www.ukmaburbanforum.org.uk/ESF_URGENT_EuroMAB_UF/presentations/Izak.doc.
- 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 Agsutín Codazzi, Subdirección de Geografía, Proyecto SIG-PAFC.
- López-Blanco, J. y L. Villers-Ruiz. 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, UNAM, México, 200 pp.
- Mateo, J. 1984. *Apuntes de Geografía de los Paisajes*. Imprenta Andre Voisin, Cuba, 470 pp.
- Mateo, J. 2002. *Geografía de los Paisajes*. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba, 194 pp.
- 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 pp.





- Miklós, L. 1995: *Landscape-ecological aspects of the organization and planning of space*. Universität für Bodenkultur Wien, Austria, 91 pp.
- Omernik, J.M. 1987. Ecoregions of the conterminous United States. Map (scale 1:7,500,000). *Annals of the Association of American Geographers* 77(1):118-125.
- . 1995. Ecoregions: A Spatial Framework for Environmental Management. En: W. Davis y T. Simon (eds.). *Biological Assessment and Criteria: Tools for Water Resource Planning and Decision Making*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. Pp. 49-62.
- Omernik, J. M. y R. G. Bailey. 1997. Distinguishing between watersheds and ecoregions. *Journal of the American Water Resources Association* 33(5): 935-949.
- Ortiz-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 pp.
- PLADEYRA. 2000. Ordenamiento ecológico de la cuenca de los ríos Filobobos y Solteros, Veracruz a escala 1:100 000. Planificación, Desarrollo y Recuperación Ambiental. Gobierno del Estado de Veracruz, México.
- Priego-Santander, A. G., P. Moreno-Casasola, J. L. Palacio-Prieto, J. López-Portillo y D. Geissert-Kientz. 2003. Relación entre la heterogeneidad del paisaje y la riqueza de especies de flora en cuencas costeras del estado de Veracruz, México. *Investigaciones Geográficas* 52:31-52
- Priego-Santander, A. G., A. Velázquez Montes y C. E. Guadarrama. 2005. El análisis de modificación geocológica como herramienta del ordenamiento territorial: caso de estudio de la cuenca Lerma-Chapala, México. Memorias del III Congreso Internacional de Ordenación del Territorio, Guadalajara, Jalisco, 14 al 16 de septiembre de 2005. Ediciones CUCSH, Universidad de Guadalajara, CD s/p. No. ISBN: 970-27-0748-X.
- Quiñones-G., H. 1987. El sistema fisiográfico de la Dirección General de Geografía. *Revista de Geografía* 1(2):13-20.
- Rossignol, J. P. 1985. La cartografía morfoedafológica: conceptos y metodologías. *Revista Terra*.
- . 1987. La morfoedafología: un método de estudio del medio biofísico para su ordenación. En: 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 pp.
- Ružicka, M. y L. Miklós. 1982. Landscape-Ecological Planning (LANDEP) in the Process of Territorial Planning. *Ecology (CSSR)* 1 (3):297-312.
- Salinas-Chávez, E. 1991. Análisis y Evaluación de los Paisajes en la Planificación Regional de Cuba. Tesis doctoral, Facultad de Geografía, Universidad de la Habana, Cuba. 150 pp.
- Salinas, E., J. A. Quintela, L. Parga, J. J. Domínguez, F. Chávez, L. Serrano y A. Conde. 1999. Mapa de Paisajes, escala 1: 100 000. En: *Ordenamiento ecológico territorial de Huasca de Ocampo, Hidalgo*. Gobierno del Estado de Hidalgo. Litográfica Turmex, S.A. de C.V., México, D.F., 71 pp.
- 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 pp.
- . 1988. Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Subsecretaría de Ecología, Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica, México, 356 pp.
- Tricart, J. 1965. Morphogenèse et pédogenèse. I: Approche méthodologique, géomorphologie et pédologie. *Science du sol* 1:68-85.
- Tricart, J. y J. Kilian. 1982. *La eco-geografía y la ordenación del medio natural*. Anagrama, Barcelona, España, 287 pp.
- Van Zuidam, R. A. 1986. *Aerial Photointerpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. ITC, Smits Publisher the Hague, Holanda, 442 pp.
- Van Zuidam, R. A. y F. Van Zuidam-Cancelado. 1979. *Terrain Analysis and Clasification Using Aerial Photographs*. ITC Books VII-6, Enschede, Holanda, 309 pp.
- Vázquez-Selem, L. 1992. Gully Erosion, Soils and Landforms in a Volcanic Area of Central Mexico. Msc. Thesis, ITC, Enschede, Holanda, 133 pp.
- Velázquez-Montes, A. 1993. *Landscape Ecology of Tláloc and Pelado Volcanoes, México. Whit special reference to the volcano rabbit (Romerolagus diazi), its habitats, ecology and conservation*. ITC publicación No. 16. Enschede, Holanda, 152 pp.
- Verstappen, H. Th. 1977. *The use of Aerial Photographs in Geomorphological Mapping*. ITC Text Book VII-5, Enschede, Holanda, 177 pp.





- . 1983. *Applied Geomorphology (Geomorphological Survey for Environmental Development)*. Elsevier, Amsterdam: 437 pp.
- 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, Holanda, 89 pp.
- Villers-Ruiz, L. 1991. Regionalización Ecológica del Municipio de los Cabos, En: 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 pp. (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.
- Wiken, E. 1986. *Terrestrial ecozones of Canada*. Environment Canada. Ecological Land Classification Series No.19. Ottawa, Ontario, Canadá, 26 pp.
- Zinck, J.A. 1988. *Physiography and Soils. Soil Survey Course*. ITC. Enschede, Holanda, 156 pp.
- 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, Holanda, 134 pp.





*La cartografía de sistemas naturales
como base geográfica para la planeación
territorial. Una revisión de la bibliografía* de Gerardo Bocco,
Manuel E. Mendoza, Ángel Priego y Ana Burgos
se terminó de imprimir y encuadernar en los talleres
de Impresora y Encuadernadora Progreso, S.A. de C.V. (IEPSA),
Calzada de San Lorenzo 244, 09830, México, D.F.,
durante el mes de octubre de 2010

La coordinación editorial y la composición tipográfica
estuvieron a cargo de la Dirección de Publicaciones del INE

Se tiraron 300 ejemplares

