

PROPUESTA PARA LA GENERACIÓN
SEMIAUTOMATIZADA DE UNIDADES DE PAISAJES

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)

*Ángel Priego, Gerardo Bocco,
Manuel Mendoza y Arturo Garrido*

PROPUESTA PARA LA GENERACIÓN
SEMIAUTOMATIZADA DE UNIDADES DE PAISAJES
FUNDAMENTOS Y MÉTODOS

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

D.R. © Primera edición: octubre de 2008

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
Blvd. Adolfo Ruiz 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
FOTO DE LA PORTADA: Claudio Contreras
EDICIÓN PARA INTERNET: Susana Escobar Maravillas

ISBN: 978-968-
Impreso y hecho en México

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS 9

SERIE PLANEACIÓN TERRITORIAL 11

Fernando A. Rosete V.

PRESENTACIÓN 13

Gerardo Bocco

PRINCIPIOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS PAISAJES 31

PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO Y 35

CARTOGRAFÍA DE LAS UNIDADES SUPERIORES

DE LOS PAISAJES A ESCALAS 1:50 000–1:250 000

PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO Y CARTOGRAFÍA 53

DE LAS UNIDADES INFERIORES DE LOS PAISAJES A ESCALAS

1:50 000–1:250 000

ATRIBUTOS 63

ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE LA LEYENDA 69

ANEXO 1. MÉTODO PARA REALIZAR MAPA DE 73

DISECCIÓN VERTICAL

ANEXO 2. EJEMPLOS DE IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE RELIEVE SEGÚN INTERPRETACIÓN DE DISTINTOS MATERIALES	80
ANEXO 3. LA GENERALIZACIÓN CARTOGRÁFICA CONCEPTUAL Y LA ESPACIAL	82
ANEXO 4. PROPUESTA DE UNIFICACIÓN DE DISTINTOS TIPOS LITOLÓGICOS SEGÚN SUS PROPIEDADES QUÍMICO- MINERALÓGICAS Y LA EXPRESIÓN RESULTANTE EN EL RELIEVE	85
ANEXO 6. CLASIFICACIÓN GENÉTICA DE LOS PAISAJES	91
BIBLIOGRAFÍA	97

AGRADECIMIENTOS

Este documento es el resultado de una investigación financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT (Proyecto SEMARNAT 2002-CO1-0133, Ecoregionalización como base para la evaluación de la aptitud del territorio), en el marco del Fideicomiso SEMARNAT-CONACYT, convocatoria 2002-2003. Los autores expresan su agradecimiento a PLADEYRA S.C. (Planificación, Desarrollo y Recuperación Ambiental, S.C.); al Centro de Información Geográfica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y a la División de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por toda la información cartográfica brindada para la culminación de este trabajo. También se desea reconocer a la Dra. H. Cotler la revisión del manuscrito y el recuadro que aparece en la página 64.

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 geoestadísticas. 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.milleniumassessment.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 delinear 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 prerequisites. 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 regionales 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

20 La cartografía de los sistemas naturales

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 cuadernos. 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 Re-

- cursos Culturales de México. Pp. 137-152. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA), México, DF.
- 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 comuni-

- dades 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 Viquez. 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 re-

- gional 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 morfoedafología 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* II(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.
- Rossiter, 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-ORS-TOM_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.

PRINCIPIOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS PAISAJES

La tipología¹ de paisajes² consiste en la clasificación y cartografía de los paisajes naturales, en general modificados por la actividad humana, así como en la comprensión de su composición, estructura,³ relaciones, diferenciación y desarrollo. Los paisajes, también denominados geocomplejos,⁴ son sistemas territoriales naturales, como se dijo, usualmente modificados por la actividad humana; esta modificación puede resultar de diferentes grados de alteración o intervención antrópica. Los paisajes de índole tipológica (por oposición a aquellos de características únicas, en general designados con un topónimo, como por ejemplo una región geográfica como El Bajío) son repetibles en el espacio y el tiempo, y se distinguen de acuerdo con los principios de homogeneidad relativa en su estructura y composición, repetibilidad y pertenencia a un mismo tipo. Para establecer una tipología, los paisajes se clasifican de

1 Según el Diccionario de la Lengua Española (DLE), una tipología trata del estudio y clasificación de tipos que se practica en diversas ciencias.

2 Las definiciones en torno al concepto de paisaje son múltiples y divergentes. La Agencia para la Protección Ambiental de los EUA lo define como “rasgos, patrones y estructura de un área geográfica específica, incluyendo su composición biológica, su ambiente físico y sus patrones sociales o antrópicos”. US-EPA. <http://www.epa.gov>. Para profundizar en diversos enfoques se sugiere al lector visitar el glosario del INE para estos temas, en <http://www.ine.gob.mx/dgioece/glosario.html>, así como la revisión del trabajo dentro de esta misma serie, *Análisis de la aptitud territorial. Una perspectiva biofísica*.

3 Estructura alude a la distribución y orden de las partes importantes de un edificio; en este contexto, puede extrapolarse al geocomplejo o paisaje.

4 Un complejo está compuesto, por definición (DLE), por elementos diversos; esta idea queda retenida en “geocomplejo”. En este trabajo se utilizará como sinónimo de paisaje.

acuerdo con variables o parámetros que describen sus propiedades o atributos fundamentales. La complejidad, dada por la heterogeneidad de la estructura, sugiere que la clasificación está constituida por varios niveles jerárquicos, anidados entre sí, y que los parámetros o variables descriptivos deben cambiar según estos niveles. Los principios de clasificación se basan en las propiedades esenciales de los paisajes. Dos principios son básicos en la clasificación de los paisajes, independientemente de la escala y los niveles taxonómicos⁵ a los que se opere (Mateo 2002):

Principio histórico-evolutivo: los componentes de los paisajes (o geocomponentes) coevolucionan en el espacio y el tiempo. Esto significa que lo que observamos hoy en el paisaje es el resultado de años de evolución conjunta entre todos los componentes del mismo. Ningún componente evoluciona aislado del resto. Este principio se puede utilizar a través del análisis de aquellos componentes relativamente más estables en el proceso de evolución natural, en un lapso determinado, por ejemplo la litología, la estructura geológica y el tipo de clima.

Principio estructural-genético: todas las entidades geográficas poseen una determinada estructura y todas son consecuencia de un proceso genético.⁶ El principio estructural implica reconocer las relaciones entre los distintos componentes de la estructura vertical del paisaje, es decir, entre roca, relieve, condiciones hidro-climáticas, suelos y biota. El principio genético implica reconocer las causas y las condiciones de la formación del paisaje. La estructura del paisaje se relaciona ante todo con el relieve,⁷ porque éste es el principal factor de diferenciación en la superficie terrestre. La altitud relativa (o altura) y la disección vertical del geocomplejo condicionan varias de las particularidades de la estructura del paisaje. Por un lado, la distribución de algunos de sus componentes (por ejemplo, la distribución de la temperatura, precipitación, de alguna manera la vegetación, y parcialmente los suelos y otros materiales superficiales); por otro, condiciona su capacidad de asociación como organización espacio-temporal. Por ello, la diferenciación primaria de la estructu-

5 Una taxonomía se refiere, literalmente, a la acción y efecto de clasificar (DLE). De manera más propia, alude a la ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación. En biología se aplica para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los grupos de animales y de vegetales.

6 Génesis alude al principio, origen o proceso de formación (DLE).

7 El relieve alude al conjunto de formas complejas que accidentan la superficie del globo terráqueo (DLE).

ra (así como su descomposición morfológica)⁸ dependerá, ante todo, del tipo morfométrico⁹ del relieve; por esta razón, es imprescindible determinar la categoría morfométrica del tipo de relieve a que corresponde el geocomplejo, antes de proceder a su clasificación genética.

La diferenciación morfométrica es conveniente porque puede derivarse, mediante técnicas automatizadas convencionales, de información topográfica (en general, de modelos digitales del terreno). De esta manera, personal técnico sin una formación profunda en geomorfología puede delimitar el territorio, en unidades relativamente homogéneas, utilizando criterios morfométricos.

De forma complementaria, distintas técnicas de interpretación de imágenes de percepción remota también pueden emplearse para la segmentación de diferentes unidades y tipos del relieve de la superficie terrestre. Para estos fines, es indispensable que en el grupo de trabajo exista personal correctamente adiestrado en fotointerpretación geomorfológica. En este caso, la diferenciación espacial del terreno, que se realiza a través de la interpretación visual, permite detectar la tercera dimensión de los objetos del terreno, es decir, ofrece la percepción de volumen, y puede dar como resultado unidades con límites naturales (Zonneveld 1995). De cualquier manera, ambos enfoques pueden ser combinados de acuerdo con las características del grupo de trabajo, de la región en estudio, de la calidad de los datos topográficos, y por tanto, del modelo digital de terreno así como del tiempo y recursos disponibles para el levantamiento.

El principio histórico-evolutivo está estrechamente relacionado con el análisis de la génesis del paisaje. Al mismo tiempo, la historia y la génesis del paisaje condicionan las peculiaridades de su estructura. El seguimiento de ambos principios garantiza examinar el paisaje como una integridad natural o antrópico-natural y con ello obtener una jerarquía lógicamente fundamentada.

Como puede apreciarse en los resultados de la revisión bibliográfica (véase dentro de esta misma serie la obra *La cartografía de sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial. Una revisión de la bibliografía*),

8 La morfología, en sentido estricto (DLE), es la parte de la biología que trata de la forma de los seres orgánicos y de las modificaciones o transformaciones que experimenta; en este contexto, aludimos a las formas del relieve.

9 Morfometría es la ciencia del análisis cuantitativo de la superficie del terreno. Fuente: en.wikipedia.org/wiki/Geomorphometry. En este contexto, el tipo o categoría morfométrica alude a las características del relieve en términos de su amplitud, en metros.

la mayoría de los autores y escuelas coinciden en señalar al relieve como el principal factor de diferenciación preliminar y a grandes rasgos, de los paisajes en la superficie terrestre. Teniendo esto en cuenta, en esta propuesta se definen las unidades superiores de los paisajes por los tipos de relieve, es decir, según las grandes unidades que se pueden distinguir al nivel local (considerando nivel local a la unidad de área correspondiente a 1 km²): montañas, lomeríos, rampas de piedemonte, valles y planicies (acolinadas, onduladas y suhorizontales (Priego-Santander *et al.* 2003). Las planicies también incluyen altiplanicies y peneplanicies (que son diferenciadas en el trabajo de Zinck 1986).

Las unidades inferiores se obtienen por la desagregación, basada en criterios morfológicos, de las unidades superiores, o sea, son las formas del relieve que componen a las unidades mayores, y posteriormente, son caracterizadas por la inclinación de las pendientes. A continuación se detallan los procedimientos metodológicos para su cartografía.

PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO Y CARTOGRAFÍA DE LAS UNIDADES SUPERIORES DE LOS PAISAJES A ESCALAS 1:50 000–1:250 000

A continuación se presentan los principales pasos a seguir para la definición de unidades superiores de los paisajes, iniciando por el principio del área mínima cartografiable a escalas 1:50,000 y 1:250,000. El reconocimiento de los tipos de relieve, su composición litológica y tipo climático constituyen el fundamento de la delimitación de los geocomplejos. A lo largo de este acápite también se hará hincapié en la calidad de la información base y su manejo.

ÁREA MÍNIMA CARTOGRAFIABLE

El principio del área mínima cartografiable permite lograr coherencia en la representación espacial y eficiencia en la lectura y utilidad del mapa en formato impreso. Este principio indica que a partir de determinada área espacial, los polígonos y sus correspondientes contenidos deben ser generalizados; de lo contrario, dificultarían la distinción por parte del usuario cuando se lea en formato analógico (Salitchev 1979). El cuadro 1 ofrece las áreas mínimas cartografiadas (columnas 6 y 7) para diferentes escalas de levantamiento. Estas áreas deberán ser tomadas en cuenta para definir la composición de las unidades superiores, inferiores y básicas del mapa. Las sugerencias de área mínima deben ser consideradas como una guía y no como un valor absoluto. En México se ha usado de manera indistinta área mínima cartografiable de 2 x 2 mm. a 6 x 6 mm. A nivel internacional, la más empleada es de 5 x 5 mm. (Salitchev 1979), pero nuestra experiencia nos indica que 4 x 4 mm es un área mínima que garantiza operatividad cartográfica y adecuada lectura del mapa. De todos

modos, la complejidad del territorio a ser mapeado jugará un papel importante en la selección del área mínima y sus umbrales.

Definición de los tipos de relieve

El relieve, en sentido estricto, describe el conjunto de formas o irregularidades que presenta la superficie terrestre, y que son resultado de una combinación dada de estructura litológica y topográfica. El concepto de relieve también encierra la noción de amplitud altitudinal,¹ o altura relativa entre dos puntos, el más bajo y el más alto de una unidad, medida en metros. Aunque en forma redundante, se suele usar también el concepto de amplitud del relieve (o relieve interno) para describir el desnivel o distancia vertical entre dos puntos de una unidad, en general, el de mayor y el de menor altitud. Esta idea de amplitud está estrechamente ligada al concepto de disección vertical del relieve (o potencial para disección), ya que la amplitud resulta, en general, de la disección. En caso de relieves que resultan de la acumulación de materiales, tales como los volcánicos recientes, donde la amplitud está dada por la acumulación de lavas o materiales piroclásticos,² la disección vertical describe más bien el potencial para dichos procesos de denudación.³ En este texto, usaremos el concepto de disección vertical para describir la amplitud del relieve, independientemente de que esta disección sea o no la causa de dicha amplitud.

Las categorías superiores de los tipos de relieve que se considerarán en este texto son las montañas, lomeríos, rampas de piedemonte, valles y planicies. En planicies, como se comentó, se incluyeron altiplanicies y peneplanicies dada su analogía en términos de tipo de relieve. Por otro lado, las planicies se subdividen en acolinadas, onduladas y subhorizontales o planas (Seco 2000) (véase la definición morfométrica en Priego-Santander *et al.* 2003).

Los relieves se describen y tipifican utilizando índices morfométricos.⁴ La morfometría permite, entre otras cosas, describir en términos cuantitativos

1 Altitud es la distancia vertical de un punto de la tierra respecto al nivel del mar. Por su parte, altura es la medida de un cuerpo o de una figura considerada verticalmente desde su base hasta su punto más elevado (DLE).

2 Las rocas y depósitos piroclásticos comprenden el conjunto de fragmentos que se depositan sobre la superficie como producto de una erupción volcánica. Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/Pyroclastic_rock.

3 Literalmente, denudar describe el proceso de desnudar o despojar en este caso, nos referimos a la remoción de materiales por efectos de la erosión.

4 Un índice es un indicio o señal de algo (DLE); en este contexto es un descriptor de morfometría.

Cuadro 1. Área mínima cartografiada para diferentes escalas (Salitchev 1979)

Escala	1 cm igual a		1 mm igual a		Área mínima cartografiada (4 x 4 mm)	
	m	km	m	km	m ²	km ²
1:500	5	0.005	0.5	0.0005	4	0.000004
1:1000	10	0.01	1	0.001	16	0.000016
1:2000	20	0.02	2	0.002	64	0.000064
1:5000	50	0.05	5	0.005	400	0.0004
1:10 000	100	0.1	10	0.01	1 600	0.0016
1:20 000	200	0.2	20	0.02	6 400	0.0064
1:25 000	250	0.25	25	0.025	10 000	0.01
1:50 000	500	0.5	50	0.05	40 000	0.04
1:100 000	1000	1	100	0.1	160 000	0.16
1:250 000	2500	2.5	250	0.25	1 000 000	1
1:500 000	5 000	5	500	0.5	4 000 000	4
1:1 000 000	10 000	10	1 000	1	16 000 000	16
1:6 000 000	60 000	60	6 000	6	576 000 000	576

una unidad de terreno. Los índices más comunes son la hipsometría, la amplitud de relieve, la inclinación y orientación de la pendiente, entre otros. En general, los índices morfométricos se derivan en forma automatizada de modelos digitales del terreno. En este trabajo, se recurrirá de manera sistemática a amplitud e inclinación de la pendiente.

Las montañas, lomeríos y planicies se definen según el cálculo de la altura relativa o la amplitud del relieve, que ofrece el potencial para la disección vertical de éste. En el caso de las rampas de piedemonte y los valles, la definición morfométrica es más compleja, y es necesario interpretar los modelos digitales de elevación (o un insumo de percepción remota si es asequible) de manera semiautomatizada. En otras palabras, en ambos casos, el análisis cuantitativo de los índices morfométricos no es suficiente para delimitarlas, ya que ni la amplitud ni la pendiente son criterios discriminarios *per se*. Las rampas de piedemonte aluden a cualquier conjunto de geoformas situadas en las zonas marginales y generalmente bajas de lomeríos o montañas, en forma transicional entre éstas y las planicies adyacentes. En general, las rampas son grandes unidades de relieve, en contacto con relieves positivos de los cuales provienen, y planicies, hacia las cuales se mueve el material por procesos de transporte (hídrico o gravitatorio) y acumulación fluvio-coluvial. Los valles son también grandes unida-

des de relieve producto de la incisión fluvial, y están constituidos por un gran número de geformas subordinadas, tales como las terrazas, vegas, etc.

El insumo necesario para la elaboración del mapa de disección vertical lo constituyen los modelos digitales de terreno, que generalmente se derivan de curvas de nivel digitalizadas de un mapa topográfico. En la actualidad, este tipo de producto se adquiere directamente en formato digital de INEGI. Es conveniente trabajar con modelos más detallados y a una escala más fina que la escala del trabajo en cuestión, sobre todo para afinar y obtener límites más precisos entre las unidades correspondientes a las zonas de planicie. Esto es difícil en ocasiones, ya que comúnmente sólo se tienen los datos de elevación a la misma escala. El tratamiento cuantitativo se mejora con el análisis de modelos sombreados, análisis de imágenes de percepción remota (fotografías aéreas, imágenes satelitales) y trabajo de campo, así como la consulta de los mapas topográficos en formato analógico o las curvas de nivel desplegadas en pantalla.

Cuadro 2. Definición morfométrica de tipos de relieve para diferentes escalas

Clasificación morfométrica según disección vertical (Dv) en m/km ²	
Escala 1:250 000 (simple, en 5 clases)	Escala \geq 1: 50 000 (descompuesta en 3 niveles de Dv)
Planicies subhorizontales ($Dv \leq 2.5$) (sin descomposición en grados de Dv)	
Planicies onduladas ($2.6 < Dv < 15$)	- Ligeramente diseccionadas ($2.6 < Dv < 5$) - Medianamente diseccionadas ($6 < Dv < 10$) - Fuertemente diseccionadas ($11 < Dv < 15$)
Planicies acolinadas ($16 < Dv < 40$)	- Ligeramente diseccionadas ($16 < Dv < 20$) - Medianamente diseccionadas ($21 < Dv < 30$) - Fuertemente diseccionadas ($31 < Dv < 40$)
Lomeríos ($41 < Dv < 100$)	- Ligeramente diseccionadas ($41 < Dv < 60$) - Medianamente diseccionadas ($61 < Dv < 80$) - Fuertemente diseccionadas ($81 < Dv < 100$)
Montañas ($Dv \geq 101$)	- Ligeramente diseccionadas ($101 < Dv < 250$) - Medianamente diseccionadas ($251 < Dv < 500$) - Fuertemente diseccionadas ($Dv \geq 501$)

Existe el mapa de la disección vertical de México a escala 1:250 000 elaborado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) (véase la sección Cartografía en Línea en www.ine.gob.mx). Para escalas mayores a 1:250 000, en el Anexo 1 se ofrece el método de elaboración. El cuadro 2 presenta la definición morfométrica de los tipos de relieve para diferentes escalas (de acuerdo con Seco 2000 y Spiridonov 1981, modificado por Priego-Santander *et al.* 2003).

Como se puede apreciar, a escala 1:250 000 sólo se define el tipo de relieve, mientras que a escalas más finas se propone la descomposición de los tipos morfométricos por niveles de disección vertical, o amplitud parcial del relieve. En el cuadro 3 se ofrecen ejemplos y se sugiere el orden para su nomenclatura.

Cuadro 3. Ejemplos de clasificación de tipos morfométricos del relieve para diferentes escalas

Escala 1:250 000	Escala \geq 1:50 000
Clasificación morfométrica simple	Clasificación morfométrica simple + Descomposición por niveles de Dv
Planicies subhorizontales (Dv \leq 2.5)	Planicies subhorizontales (Dv \leq 2.5)
Planicies onduladas (2.6<Dv<15)	Planicies onduladas, ligeramente diseccionadas (2.6<Dv<5) Planicies onduladas, medianamente diseccionadas (6<Dv<10) Planicies onduladas, fuertemente diseccionadas (11<Dv<15)
Planicies acolinadas (16<Dv<40)	Planicies acolinadas, ligeramente diseccionadas (16<Dv<20) Planicies acolinadas, medianamente diseccionadas (21<Dv<30) Planicies acolinadas, fuertemente diseccionadas (31<Dv<40)
Lomeríos (41<Dv<100)	Lomeríos, ligeramente diseccionados (41<Dv<60) Lomeríos, medianamente diseccionados (61<Dv<80) Lomeríos, fuertemente diseccionados (81<Dv<100)
Montañas (Dv \geq 101)	Montañas, ligeramente diseccionadas (101<Dv<250) Montañas, medianamente diseccionadas (251<Dv<500) Montañas, fuertemente diseccionadas (Dv \geq 501)

Del análisis de los cuadros 2 y 3 se desprende que:

- a) Las planicies subhorizontales poseen la misma nomenclatura y clasificación a todas las escalas, porque no se descomponen en niveles inferiores de amplitud del relieve. La palabra “subhorizontal” significa que son superficies casi planas, de muy baja amplitud, cuya inclinación generalmente será menor a 2°.
- b) La especificación del grado de Dv a la escala 1:250 000 aparece inmediatamente después de la nomenclatura del tipo de relieve, mientras que a la escala 1:50 000 se señala hasta el final de la definición. Se sugiere así para no perder coherencia en el léxico y la nomenclatura.
- c) La clasificación morfométrica del relieve constituye una primera aproximación para comenzar a elaborar el mapa de paisajes; ninguna categoría genética de los paisajes puede ser obtenida sólo de la clasificación morfométrica. La clasificación morfométrica de los tipos de relieve nos permite conocer la diferenciación inicial del territorio en planicies, lomeríos y montañas (y sus grados de disección).

Los polígonos de rampas de piedemonte y valles, como se dijo, se obtienen de la interpretación visual de modelos digitales de elevación o mapas topográficos, así como del análisis de imágenes de percepción remota. El Anexo 2 presenta ejemplos de identificación tanto del mapa topográfico como de los modelos digitales de elevación.

DEFINICIÓN DE LA COMPOSICIÓN LITOLÓGICA DE LOS TIPOS DE RELIEVE

El siguiente paso consiste en determinar cuál es la composición litológica (rocas o depósitos) de los tipos de relieves. Esto es esencial para conocer la génesis del paisaje y para comprender las particularidades de la cubierta de suelos. Los insumos para este paso son el mapa de tipos de relieve y el mapa litológico. Lo ideal es que ambos estén a la misma escala. Esto no siempre es posible, especialmente, cuando se hacen mapas a escalas mayores a 1:250 000, porque no existe cobertura geológica para todo el país a escalas mayores a ésta. En estos casos, es necesario realizar trabajo de campo para precisar lo más posible la litología, que generalmente provendrá de la escala 1:250 000. Las principales fuentes de datos para todo el país son INEGI y el SGM (Servicio Geológico Mexicano, ex Consejo de Recursos Minerales o COREMI) (véase Anexo 4).

Con ambos mapas a la misma escala se procede a sobreponerlos en el SIG. En este paso no se obtienen nuevos polígonos. El propósito aquí es conocer cuál o cuáles tipos litológicos, y en qué proporción corresponden a las unidades definidas en el primer paso. A partir de aquí se acudirá con frecuencia a dos operaciones de generalización: conceptual y espacial (conceptos explicados en el Anexo 3).

Al cruzar el mapa de tipos de relieve con el geológico, la primera acción consiste en eliminar todos los polígonos que no cumplen con el área mínima cartografiable. Esto no debe hacerse automáticamente, sino de manera supervisada por el intérprete, ya que es necesario conservar el polígono del tipo de relieve y generalizar la litología. El cuadro 4 ofrece ejemplos de estos casos y, en las dos últimas columnas, ejemplos de cómo puede construirse la nomenclatura después de esta generalización.

Al concluir la generalización espacial es necesario emprender la generalización conceptual. Ésta consiste en la fusión de polígonos que poseen tipos de relieve análogos o litologías cercanas, o ambas condiciones. La generalización conceptual sólo puede realizarse al interior de una misma clase de relieve, por ejemplo, de planicies subhorizontales, pero no pueden fusionarse polígonos de lomeríos con polígonos de planicies acolinadas u onduladas, o polígonos de montañas con polígonos de lomeríos.

Cuadro 4. Generalización espacial supervisada de los tipos litológicos al interior de los tipos de relieves

Relieve	Planicies acolinadas ligeramente diseccionadas ($16 < Dv < 20$)	Lomeríos medianamente diseccionados ($61 < Dv < 80$)	Montañas, ligeramente diseccionadas ($101 < Dv < 250$)
Calizas	X		
Mármol	X		
Lutitas	•		
Granodiorita		X	•
Diorita		X	
Esquistos	•	•	•
Andesitas basálticas	•		X

(Continúa)

Cuadro 4. Generalización espacial supervisada de los tipos litológicos al interior de los tipos de relieves (*continúa*)

Relieve	Planicies acolinadas ligeramente diseccionadas ($16 < Dv < 20$)	Lomeríos medianamente diseccionados ($61 < Dv < 80$)	Montañas, ligeramente diseccionadas ($101 < Dv < 250$)
Litología			
Basaltos		•	X
Gabro			•
Generalización espacial y nomenclatura a escala $\geq 1:50,000$	Planicies acolinadas ligeramente diseccio- nadas ($16 < Dv < 20$), constituídas por calizas y mármol	Lomeríos mediana- mente diseccionados ($61 < Dv < 80$), consti- tuidos por granodio- rita y diorita	Montañas ligeramente diseccionadas ($101 < Dv < 250$), constituídas por andesitas basálti- cas y basaltos
Generalización espacial y nomenclatura a escala 1:250 000	Planicies acolinadas constituídas por cali- zas y mármol	Lomeríos constitui- dos por granodiorita y diorita	Montañas cons- tituídas por an- desitas basálticas y basaltos

X: Tipos litológicos presentes en el polígono del tipo de relieve y que cumplen con el área mínima cartografiable.

•: Tipos litológicos presentes en el polígono del tipo de relieve pero que no cumplen con el área mínima cartografiable.

Las diferencias morfométricas poseen una connotación ecológica importante que es necesario conservar. Sin embargo, sí es posible realizar generalización al interior de un mismo tipo de relieve cuando existen diferencias en disección; es decir, se pueden generalizar en una misma unidad planicies onduladas medianamente diseccionadas y planicies onduladas fuertemente diseccionadas, al igual que lomeríos con distinto grado de disección y montañas con diferentes valores de Dv.

A diferencia de la generalización espacial, la conceptual no necesita adyacencia entre polígonos. Esto significa que se pueden convertir en una misma clase nueva diferentes polígonos aunque no compartan perímetro entre sí, es decir, aunque estén alejados unos de otros.

El cuadro 5 ofrece varios ejemplos de generalización conceptual para el caso de relieve y litología, así como la nomenclatura resultante. Esta tarea necesariamente debe ser supervisada por el intérprete. En el primer caso, se ha

Cuadro 5. Generalización conceptual entre relieve y litología

Polígono A		Polígono B		Generalización conceptual y nomenclatura
Relieve	Litología	Relieve	Litología	
Montañas fuertemente diseccionadas (Dv \geq 501)	Basalto	Montañas fuertemente diseccionadas (Dv \geq 501)	Andesitas basálticas	Escala \geq 1:50 000 Montañas fuertemente diseccionadas (Dv \geq 501) constituidas por basaltos y andesitas basálticas Escala 1:250 000 Montañas constituidas por basaltos y andesitas basálticas
Lomeríos medianamente diseccionados (61<Dv<80)	Calizas	Lomeríos fuertemente diseccionados (81<Dv<100)	Caliza-Lutitas	Escala \geq 1:50 000 Lomeríos mediana a fuertemente diseccionados (61<Dv<100) constituidos por calizas y lutitas Escala 1:250 000 Lomeríos constituidos por calizas y lutitas
Planicies subhorizontales (Dv \leq 2.5)	Depósitos aluviales	Planicies subhorizontales (Dv \leq 2.5)	Depósitos aluviales	Escala \geq 1:50 000 Planicies subhorizontales (Dv \leq 2.5) constituidas por depósitos aluviales Escala 1:250 000 Planicies subhorizontales (Dv \leq 2.5) constituidas por depósitos aluviales

generalizado la litología para convertir ambas clases (representadas para el ejemplo por un polígono cada una, aunque pudiesen ser varios de cada clase) en una sola a escala 1:50 000, aprovechando que coinciden en disección vertical, mientras que a 1:250 000 sólo se ha generalizado la litología.

En el segundo ejemplo se han generalizado tanto la litología como la disección vertical, de manera que la clase resultante refleja en su nomenclatura la transición de la disección de “mediana” a “fuerte”, a escala 1:50 000, mientras que a la escala menor se mantiene únicamente la generalización de la litología.

El tercer caso ha sido incluido ex-profeso. A ambas escalas se mantiene la misma nomenclatura y no hay diferencias. Esto es así porque las planicies

subhorizontales no se subdividen en grados inferiores de disección, como se indicó anteriormente.

Es importante señalar que en los casos 1 y 2 la litología se ha podido generalizar porque ambos tipos de rocas comparten características químico-

Cuadro 6. Errores de generalización conceptual entre relieve y litología

Polígono A		Polígono B		Generalización conceptual y nomenclatura
Relieve	Litología	Relieve	Litología	
Montañas fuertemente diseccionadas ($Dv \geq 501$)	Basalto	Montañas fuertemente diseccionadas ($Dv \geq 501$)	Calizas	<p>Escala $\geq 1:50\ 000$ Montañas fuertemente diseccionadas ($Dv \geq 501$), constituidas por basaltos y calizas</p> <p>Escala $1:250\ 000$ Montañas constituidas por basaltos y calizas</p>
Lomeríos medianamente diseccionados ($61 < Dv < 80$)	Calizas	Planicies acolinadas fuertemente diseccionadas ($81 < Dv < 100$)	Calizas y Lutitas	<p>Escala $\geq 1:50\ 000$ Lomeríos y planicies acolinadas, mediana a fuertemente diseccionados ($61 < Dv < 100$), constituidos por calizas y lutitas</p> <p>Escala $1:250\ 000$ Lomeríos y planicies acolinadas constituidos por calizas y lutitas</p>
Planicies subhorizontales ($Dv \leq 2.5$)	Depósitos aluviales	Planicies subhorizontales ($Dv \leq 2.5$)	Granitos	<p>Escala $\geq 1:50\ 000$ Planicies subhorizontales ($Dv \leq 2.5$) constituidas por depósitos aluviales y granitos</p> <p>Escala $1:250\ 000$ Planicies subhorizontales ($Dv \leq 2.5$) constituidas por depósitos aluviales y granitos</p>

mineralógicas y poseen expresiones de relieve similares. Sería erróneo, sin embargo, generalizar y constituir en una sola unidad tipos de rocas diferentes, tales como las serpentinitas y las calizas, porque su composición químico-mineralógica y los resultados de su expresión en el relieve son muy diferentes, lo cual condiciona que los suelos y la vegetación también diferirán ampliamente, y por ende, geocológicamente, son entidades diferentes, aun cuando posean el mismo tipo de relieve y las mismas condiciones hidroclimáticas.

Cuadro 7. Algunos ejemplos de tipos de rocas o depósitos que no poseen características comunes debido a su origen diferente, pero que aparecen vinculados y se pueden generalizar

Relieve	Litología/Depósitos	Clasificación
Planicies subhorizontales ($D_v \leq 2.5$)	Depósitos lacustres y palustres interestratificados	<p>Escala $\geq 1:50\ 000$ Planicies subhorizontales ($D_v \leq 2.5$) constituidas por depósitos lacustre-palustres</p> <p>Escala 1:250 000 Planicies subhorizontales ($D_v \leq 2.5$) constituidas por depósitos lacustre-palustres</p>
Planicies subhorizontales ($D_v \leq 2.5$)	Depósitos fluviales y marinos interestratificados	<p>Escala $\geq 1:50\ 000$ Planicies subhorizontales ($D_v \leq 2.5$) constituidas por depósitos fluvio-marinos</p> <p>Escala 1:250 000 Planicies subhorizontales ($D_v \leq 2.5$) constituidas por depósitos fluvio-marinos</p>
Montañas ligera a fuertemente diseccionadas ($D_v \geq 101$)	Calizas y areniscas silíceas interestratificadas	<p>Escala $\geq 1:50\ 000$ Montañas ligera a fuertemente diseccionadas ($D_v \geq 101$), constituidas por calizas y areniscas silíceas interestratificadas</p> <p>Escala 1:250 000 Montañas constituidas por calizas y areniscas silíceas interestratificadas</p>

En el anexo 4 se incluye un listado de tipos de rocas, como marco de referencia general. El mismo permite entender las afinidades entre tipo de rocas. El cuadro 6 ofrece tres ejemplos de errores al generalizar litología y relieve.

En el primer caso (cuadro 6), se comete el error que ya se ha señalado, al incluir en una misma unidad litologías tan dispares como las calizas y los basaltos. En el segundo caso, el error está en vincular tipos morfométricos diferentes como los lomeríos y las planicies acolinadas. En el tercer caso se repite el ejemplo del primero, para planicies.

Los únicos casos en los que se puede unir y generalizar litologías diferentes son aquéllos en donde ambos tipos de rocas o depósitos aparecen inter-estratificados, es decir, donde han ocurrido eventos geológicos o geomorfológicos en el pasado, que condicionan la vinculación e interdistribución de paquetes de rocas o depósitos que por su origen no poseen características aproximadas, como se

Cuadro 8. Ejemplos de leyenda con los resultados de los pasos 1 y 2

Escala 1:250 000	Escala \geq 1:50 000
Clasificación morfométrica sencilla + litología	Clasificación morfométrica sencilla + Descomposición por grados de Dv + litología
Planicies subhorizontales (Dv \leq 2.5) constituidas por depósitos aluviales	Planicies subhorizontales (Dv \leq 2.5) constituidas por depósitos aluviales
Planicies onduladas (2.6<Dv<15) constituidas por calizas y lutitas	Planicies onduladas ligera a fuertemente diseccionadas (2.6<Dv<15) constituidas por calizas y lutitas
Planicies acolinadas (16<Dv<40) constituidas por gabro y granodiorita	Planicies acolinadas ligera a medianamente diseccionadas (16<Dv<30) constituidas por gabro y granodiorita
Lomeríos (41<Dv<100) muy altos (3001<H<5000), formados por calizas y lutitas	Lomeríos muy altos (3001<H<5000), ligera a medianamente diseccionados (61<Dv<80), formados por calizas y lutitas
Lomeríos (41<Dv<100) constituidos por conglomerados	Lomeríos ligera a fuertemente diseccionados (41<Dv<100) constituidos por conglomerados
Lomeríos (41<Dv<100) constituidos por depósitos piroclásticos	Lomeríos ligeramente diseccionados (41<Dv<60) constituidos por depósitos piroclásticos
Montañas (Dv \geq 101) constituidas por basaltos y andesitas basálticas	Montañas ligera a medianamente diseccionadas (101<Dv<500) constituidas por basaltos y andesitas basálticas

puede apreciar en el cuadro 7. Al concluir este paso se conocerá la composición litológica de las diferentes unidades de relieve presentes en el área de estudio y se habrán realizado ya algunas generalizaciones espaciales y conceptuales.

El cuadro 8 presenta algunos ejemplos de leyenda con los resultados de los pasos 1 y 2 y la sugerencia de nomenclatura. Las unidades que se han obtenido hasta aquí son de índole morfolitológicas, ya que combinan tipos morfométricos de relieve y tipos de litología.

Definición del tipo climático para las unidades morfolitológicas

El siguiente paso consiste en determinar cuál es el tipo de clima que predomina en cada unidad morfolitológica. Los insumos para la ejecución de este paso son el mapa obtenido en el paso anterior y el mapa climático. Este último (clasificación de Köppen modificada por García 1988) existe para todo el país, pero a escala 1:1 000 000, y está disponible en la CONABIO (www.conabio.gob.mx). Esto significa que, teóricamente, no debería emplearse para proyectos a escalas mayores a 1:1 000 000. Sin embargo, ante la ausencia de cartografía climática a otras escalas mayores, es imprescindible usar el mapa señalado. Si no se poseen los datos requeridos para elaborar el mapa climático no hay otra posibilidad que ampliar el mapa 1:1 000 000; en cuyo caso se deberá prestar especial atención a las premisas siguientes:

- a) El clima posee distribución continua. Como los tipos climáticos se definen por las relaciones entre las variables precipitación y temperatura y éstas poseen distribución continua, generalmente, los climas siguen este patrón. Comúnmente los tipos de climas no “brincan” un determinado gradiente, es decir, no suele ocurrir que, en forma adyacente a una zona de clima frío exista una de clima semicálido o cálido. Se sigue una secuencia que con frecuencia suele ser: frío de montaña- semifrío-templado-semicálido-cálido, como ocurre en las zonas montañosas con pisos térmicos completos. Puede faltar algún subtipo o pueden incluirse los climas secos, pero siempre respetando el patrón térmico.
- b) El tipo de clima, con frecuencia, posee difusión espacial regional, es decir, los polígonos de tipos climáticos ocupan extensas áreas de centenares y a veces miles de km². Este hecho reduce en alguna medida los errores que se pueden cometer al ampliar un mapa 1:1 000 000 a otras escalas mayores, en cuanto a los límites entre tipos diferentes.

- c) Los climas se requieren para caracterizar las unidades superiores de los paisajes del nivel local hasta la escala 1:500 000, pero no en la diferenciación o cartografía de unidades intermedias o inferiores; ello reduce los probables errores que podamos cometer en los límites entre tipos diferentes, puesto que son más numerosas las unidades inferiores que las superiores.
- d) Para muchos tipos climáticos la vegetación puede servir como patrón de referencia y validación. Podemos verificar la probable confiabilidad de un mapa climático ampliado desde una escala 1:1 000 000 si superponemos la cobertura vegetal y comprobamos la variabilidad espacial de los climas con respecto a la cobertura vegetal. Para esto es necesario poseer información y conocimientos sobre las relaciones clima-vegetación natural, de lo contrario, es necesario buscar en la bibliografía los patrones generales de la distribución de la vegetación en relación con los climas. De cualquier modo, si al sobreponer nuestros mapas encontramos “absurdos prácticos” como vegetación de manglar en clima templado húmedo o vegetación desértica en zonas cálidas húmedas, podemos asegurar que el mapa climático no es confiable. Lo correcto es que la vegetación siga los patrones que aparecen en la literatura y esa distribución “anidada” es la que nos puede servir de patrón de comparación para comprobar la confiabilidad del mapa de climas. El Anexo 5 presenta una propuesta de distribución de tipos de vegetación según tipos de climas.

Tanto si se utiliza el mapa a escala 1 000 000 u otro elaborado *ex profeso*, este paso tiene como propósito definir el tipo de clima de las unidades morfolitológicas; por ende, cuando se tengan listos los insumos es necesario cruzar ambos mapas. La operación busca establecer cuál es el tipo de clima que predomina en cada unidad morfolitológica; por lo tanto, aquí tampoco se crearán nuevos polígonos, se trata de una superposición tal y como se procedió en el paso 2.

Como primera acción posterior al cruce es necesario eliminar al interior de cada unidad morfolitológica todo polígono de clima que no cumpla con el área mínima cartografiable, es decir, se define para cada unidad del paso 2 sólo aquellos climas que ocupan en cada unidad morfolitológica un área mayor al mínimo cartografiable. El cuadro 9 presenta algunos ejemplos de toma de decisión para determinar el clima de una unidad morfolitológica, y sugiere la nomenclatura y la generalización conceptual.

Cuadro 9. Toma de decisión para la clasificación climática de unidades morfolíticas

Unidad morfolítica	Planicies acolinadas ligera a medianamente disecionadas (16<Dv<30), formadas por gabro y granodiorita	Lomeríos ligera a medianamente disecionados (61<Dv<80), formados por calizas y lutitas	Montañas ligera a medianamente disecionadas (101<Dv<500), formadas por basaltos y andesitas basálticas
Tipo de clima			
Cálido subhúmedo	•		
Cálido húmedo	•		
Templado semicálido subhúmedo	X		
Templado subhúmedo	•	x	
Templado húmedo	•	X	•
Templado semifrío subhúmedo		•	•
Templado semifrío húmedo		•	X
Frío de montaña			X
Clasificación climática de las unidades morfolíticas	Planicies acolinadas ligera a medianamente disecionadas (16<Dv<30), constituidas por gabro y granodiorita en clima semicálido a templado subhúmedo	Lomeríos ligera a medianamente disecionados (61<Dv<80), constituidos por calizas y lutitas en clima templado húmedo a semifrío subhúmedo	Montañas ligera a medianamente disecionadas (101<Dv<500), constituidas por basaltos y andesitas basálticas en clima semifrío húmedo a frío de montaña

X: Tipos de climas que cumplen con el área mínima cartografiable.

•: Tipos de climas presentes en la unidad pero que no cumplen con el área mínima cartografiable.

La primera columna proporciona un ejemplo donde la vegetación podría haber servido para ayudar a definir que, en efecto, los climas cálidos, aunque aparecen en la unidad no la caracterizan, porque la cobertura vegetal presente no corresponde a climas cálidos y sí a climas templados subhúmedos. El error puede provenir de la propia ampliación del mapa 1:1 000 000 hasta 1:250 000. El tipo templado húmedo ha quedado fuera de la definición por no cumplir con el área mínima cartografiable, aunque la vegetación presente nos indique que sí pudiese estar.

En la segunda y tercera columnas la decisión se ha tomado únicamente por el criterio del área mínima cartografiable. En ninguno de los casos la cobertura vegetal puede estar en contradicción con el clima que se define y este criterio es definitivo. Vale señalar que el criterio de validación con la vegetación se puede emplear aún si el mapa climático ha sido elaborado a la misma escala que el de la vegetación. Todo el problema se reduce entonces a poder confiar ampliamente en el mapa de vegetación.

Cuadro 10. Ejemplos de leyenda con los resultados del paso 3

Escala 1:250 000 Clasificación morfométrica simple + litología + Clasificación climática	Escala \geq 1:50 000 Clasificación morfométrica simple + Descomposición por grados de Dv + litología + Clasificación climática
Planicies subhorizontales ($Dv \leq 2.5$), constituidas por depósitos aluviales en clima cálido húmedo	Planicies subhorizontales ($Dv \leq 2.5$) cons- tituidas por depósitos aluviales en clima cálido húmedo
Planicies onduladas ($2.6 < Dv < 15$), constituidas por calizas y lutitas en clima árido seco a muy seco	Planicies onduladas ligera a fuertemente diseccionadas ($2.6 < Dv < 15$), constituidas por calizas y lutitas en clima árido seco a muy seco
Planicies acolinadas ($16 < Dv < 40$), constituidas por gabro y granodiorita en clima templado semiseco	Planicies acolinadas ligera a mediana- mente diseccionadas ($16 < Dv < 30$), consti- tuidas por gabro y granodiorita en clima templado semiseco
Lomeríos ($41 < Dv < 100$), constituidas por calizas y lutitas en clima templado semifrío húmedo a frío de montaña	Lomeríos ligera a medianamente disec- cionados ($61 < Dv < 80$), constituidos por calizas y lutitas en clima templado semi- frío húmedo a frío de montaña






También es importante señalar la nomenclatura y la forma en que se va construyendo la leyenda. En todos los casos se señala la transición de un clima a otro. El cuadro 10 indica varios ejemplos de clasificación climática de unidades morfolitológicas.

Como se puede apreciar, no existen diferencias entre las escalas regionales y locales. Para ambas columnas la definición climática es idéntica. En las filas 3 y 5 se observa la nomenclatura de integrados climáticos obtenidas siempre de los menos a los más extremos. Las unidades logradas hasta el paso 3 pueden denominarse morfolitoclimáticas.






En el cuadro 11 se presenta un ejemplo de leyenda matricial ideal para un territorio con todos los tipos de relieves considerados, pero con una sola clase para cada uno. Podrían existir varios tipos de montañas, de lomeríos, etc.; sin embargo, el propósito del cuadro 11 es meramente ilustrativo.

El cuadro 12 presenta la misma estructura que el cuadro 11, pero se añade la clasificación genética de las unidades morfolitoclimáticas (véase el Anexo 6 con relaciones entre litología, categorías genéticas y tipos de relieves). La introducción de la génesis es opcional, según las posibilidades de cada grupo de trabajo. La ventaja de poder realizar la clasificación genética radica en facilitar la comprensión de la distribución de los suelos y en la solidez de la estructura taxonómica de la leyenda que se logre; sin embargo, dependerá mucho de la experiencia y formación temática de los miembros del grupo de trabajo. Es importante señalar que el origen del paisaje es, en realidad, un proceso poligenético que abarca mucho más que el proceso de formación de los materiales

Cuadro 11. Leyenda morfolitoclimática para la escala 1:250 000, sin incluir génesis del relieve

Clima	Litología	Tipos de relieve					
		Montañas	Lomeríos	Rampas de piedemontes	Valles	Planicies acolinadas	
Cálido sub-húmedo	Calizas						I
	Basaltos						II
	Depósitos aluvio-coluviales						III
	Depósitos aluviales						IV
	Arenas biodetríticas						V

Cuadro 12. Leyenda morfolitoclimática para la escala 1:250 000, incluyendo la génesis del relieve

Clima	Litología	Tipos de relieve					
		Montañas	Lomeríos	Rampas de piedemontes	Valles	Planicies acolinadas	
		Cársicas	Volcánicos	Aluvio-coluviales	Fluviales	Marino-eólicas	
Cálido sub-húmedo	Calizas						I
	Basaltos						II
	Depósitos aluvio-coluviales						III
	Depósitos aluviales						IV
	Arenas biodetríticas						V

geológicos que componen al tipo dado de relieve. En esta propuesta sólo se presta atención al proceso principal de formación del geocomplejo, es decir, al proceso fundamental que da origen al tipo de relieve, sin prestar atención a procesos secundarios que hayan remodelado la superficie original.

En ambos casos (cuadros 11 y 12), los símbolos son diversos tonos de grises y números romanos. Esto es necesario para facilitar la identificación de las unidades en el SIG, puesto que resulta irreal introducir toda la gama de colores de la leyenda en las bases de datos tabulares del SIG. Otra opción es que, por acuerdo del equipo de trabajo, se lleve una equivalencia en un documento aparte entre los colores y las unidades del SIG; esto es, no incluir los números romanos en la leyenda matricial pero llevar un registro de equivalencias en un documento anexo que permita identificar en las bases del SIG, y saber así cuál unidad corresponde a cada color de la leyenda matricial.

La vegetación y los suelos, que constituyen atributos de los paisajes hasta la escala 1:50 000 se especifican con posterioridad a la definición de tales componentes para las unidades inferiores de los paisajes, como se plantea a continuación.

PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO Y CARTOGRAFÍA DE LAS UNIDADES INFERIORES DE LOS PAISAJES A ESCALAS 1:50 000–1:250 000

Las unidades inferiores se definen por la descomposición morfológica de los tipos de relieve, o sea, por la definición de las unidades menores que componen a los tipos de relieve. A continuación se exponen las distintas unidades inferiores de los tipos de relieve utilizando criterios morfológicos y morfométricos.

MONTAÑAS Y LOMERÍOS

Las unidades inferiores son:

Complejos cumbrales: son los complejos de cimas y puertos, incluidos los sectores de parteaguas que en ellos queden incluidos. Resultan de la unión de varias cimas y puertos, siguiendo la curva de nivel inferior más cercana que agrupe a todas esas geformas. Es difícil encontrar complejos cumbrales con inclinación menor a 1°. El cuadro 13 expone las diferencias en las escalas.

Complejo de laderas y barrancos: son todos los polígonos de unidades que no están en los complejos cumbrales y que poseen más de 3 grados de inclinación de la pendiente. No se diferencian ni cartografían los valles de corrientes temporales, si no que van incluidos en el complejo. Se subdividen al igual que el caso anterior, pero sin incluir las pendientes menores a 3°. Los complejos de laderas y barrancos incluyen las siguientes unidades morfológicas inferiores: laderas con más de 3° de inclinación; parteaguas; cornisas y barrancos existentes al interior de las laderas.

Para la definición espacial de estas unidades basta con usar el mapa de pendientes, incluyendo todos los polígonos con inclinación superior a 3° y ex-

Cuadro 13. Subdivisión morfométrica de los complejos cumbrales a diferentes escalas

Complejos cumbrales	
Escala 1:50 000	Escala 1:250 000
Abruptos (>45°) Muy fuertemente inclinados (>30°)	Muy fuertemente inclinados (>30°)
Muy fuertemente inclinados (30°-45°)	
Fuertemente inclinados (20°-30°)	Fuertemente inclinados (10°-30°)
Fuertemente inclinados (10°-30°)	
Mediana a fuertemente inclinados (15°-20°)	
Medianamente inclinados (10°-15°)	
Ligera a medianamente inclinados (5°-10°)	Medianamente inclinados (5°-10°)
Medianamente inclinados (5°-10°)	
Ligeramente inclinados (3°-5°)	Ligeramente inclinados (3°-5°)
Ligeramente inclinados (3°-5°)	
Muy ligeramente inclinados (1°-3°)	Muy ligeramente inclinados (<3°)
Muy ligeramente inclinados (<3°)	
Planos (<1°)	

Nota: tanto en este caso como en el resto de los complejos de formas del relieve, el usuario tiene la opción de trabajar a escala 1:50 000 con los mismos rangos que a 1:250 000.

cluyendo los polígonos correspondientes a los complejos cumbrales y aquellos con inclinación de la pendiente inferior a 3° al interior de los lomeríos y montañas. El cuadro 14 expone la diferenciación para distintas escalas.

Complejo de superficies y cauces: son todos los polígonos, al interior de la montaña o lomerío, que no están incluidos en las unidades anteriores y que, además, poseen menos de tres grados de pendiente. Generalmente ocupan una porción pequeña de estas unidades en comparación con el área de las unidades anteriores.

Se cartografían juntos las superficies y los cauces, es decir, no constituyen unidades separadas. Los contornos de los cauces de corrientes permanentes, aunque se presentan en el mapa como símbolo convencional (como cualquier río) constituyen parte de esta unidad inferior. El cuadro 15 ofrece la diferenciación de esta unidad para las dos escalas consideradas, y como se puede apreciar, es la de menor diferenciación debido a que sus dimensiones en estos tipos de relieve es muy limitada.

Cuadro 14. Subdivisión morfométrica de los complejos de laderas y barrancos a diferentes escalas

Complejos de laderas y barrancos	
Escala 1:50 000	Escala 1:250 000
Abruptos (>45°)	Muy fuertemente inclinados (>30°)
Muy fuertemente inclinados (30°-45°)	
Fuertemente inclinados (20°-30°)	Fuertemente inclinados (10°-30°)
Mediana a fuertemente inclinados (15°-20°)	
Medianamente inclinados (10°-15°)	
Ligera a medianamente inclinados (5°-10°)	Medianamente inclinados (5°-10°)
Ligeramente inclinados (3°-5°)	Ligeramente inclinados (3°-5°)

Cuadro 15. Subdivisión morfométrica de los complejos de superficies y cauces a diferentes escalas

Complejos de superficies y cauces	
Escala 1:50 000	Escala 1:250 000
Muy ligeramente inclinados (1°-3°)	Muy ligeramente inclinados (<3°)
Planos (<1°)	

Rampas de piedemontes

Las unidades inferiores son:

Complejos de colinas residuales: son las prominencias o elevaciones menores que se pueden observar al interior de las rampas de piedemontes, o sea, curvas de nivel cerradas (al menos dos) que en otras unidades de montañas y lomeríos serían cimas, pero que en las rampas de piedemontes se clasifican así. Son formas positivas del relieve cuyo origen puede ser acumulativo o erosivo; de forma genérica se clasificarán como “residuales”, es decir, como resultado de alguno de los procesos anteriores, sin necesidad de diferenciarlas. Su clasificación es idéntica a los complejos cumbrales. El cuadro 16 expone la diferenciación según escalas. La existencia de complejos de colinas residuales con pendientes mayores a 20° al interior de las rampas de piedemontes es algo difícil de hallar pero no totalmente imposible; sin embargo, generalmente predominarán las inclinaciones inferiores

Cuadro 16. Subdivisión morfométrica de los complejos de colinas residuales a diferentes escalas

Complejos de colinas residuales	
Escala 1:50 000	Escala 1:250 000
Abruptos (>45°)	Muy fuertemente inclinados (>30°)
Muy fuertemente inclinados (30°-45°)	
Fuertemente inclinados (20°-30°)	Fuertemente inclinados (10°-30°)
Mediana a fuertemente inclinados (15°-20°)	
Medianamente inclinados (10°-15°)	
Ligera a medianamente inclinados (5°-10°)	Medianamente inclinados (5°-10°)
Ligeramente inclinados (3°-5°)	Ligeramente inclinados (3°-5°)
Muy ligeramente inclinados (1°-3°)	Muy ligeramente inclinados (<3°)

a 20°. Los complejos de colinas residuales pueden encontrarse en cualquier parte del piedemonte, o sea al interior de las otras unidades inferiores.

Complejos de interfluvios y arroyos distributarios: corresponden al mismo concepto de complejo de laderas y barrancos de montañas y lomeríos, pero en las rampas de piedemontes proponemos usar esta nomenclatura para poder diferenciar automáticamente de qué unidad superior se trata. Lo expuesto para los complejos de laderas y barrancos de las montañas y lomeríos es válido para este caso; el cuadro 17 ofrece la diferenciación morfométrica a distintas escalas. En este caso, también es válido señalar que es más común el predominio de pendientes menores a 20° y muy rara la existencia de inclinaciones superiores a este rango en las rampas de piedemontes.

Cuadro 17. Subdivisión morfométrica de los complejos de interfluvios y arroyos distributarios a diferentes escalas

Complejos de interfluvios y arroyos distributarios	
Escala 1:50 000	Escala 1:250 000
Abruptos (>45°)	Muy fuertemente inclinados (>30°)
Muy fuertemente inclinados (30°-45°)	
Fuertemente inclinados (20°-30°)	Fuertemente inclinados (10°-30°)
Mediana a fuertemente inclinados (15°-20°)	
Medianamente inclinados (10°-15°)	
Ligera a medianamente inclinados (5°-10°)	Medianamente inclinados (5°-10°)
Ligeramente inclinados (3°-5°)	Ligeramente inclinados (3°-5°)

Complejo de superficies y cauces: son los polígonos existentes al interior de la rampa de piedemonte con pendientes $<3^\circ$. Es un concepto idéntico al de complejo de superficies y cauces de las montañas y lomeríos. El cuadro 18 presenta la diferenciación morfométrica a distintas escalas.

Cuadro 18. Subdivisión morfométrica de los complejos de superficies y cauces a diferentes escalas

Complejos de superficies y cauces	
Escala 1:50 000	Escala 1:250 000
Muy ligeramente inclinados (1° - 3°)	Muy ligeramente inclinados ($<3^\circ$)
Planos ($<1^\circ$)	

Valles

Las unidades inferiores son:

Complejo de colinas residuales: es un concepto similar al explicado para el caso de las rampas de piedemontes, es decir, se trata de geoformas similares, pero en tipos de relieve diferente. Sin embargo, es necesario señalar que en el caso de valles intramontanos no sería raro encontrar complejos de colinas residuales con pendientes mayores a 20° . El cuadro 19 ofrece la clasificación morfométrica en distintas escalas. Los complejos de colinas residuales pueden encontrarse, indistintamente, en cualquier parte del valle, o sea al interior de las otras unidades inferiores.

Cuadro 19. Subdivisión morfométrica de los complejos de colinas residuales a diferentes escalas

Complejos de colinas residuales	
Escala 1:50 000	Escala 1:250 000
Abruptos ($>45^\circ$)	Muy fuertemente inclinados ($>30^\circ$)
Muy fuertemente inclinados (30° - 45°)	
Fuertemente inclinados (20° - 30°)	Fuertemente inclinados (10° - 30°)
Mediana a fuertemente inclinados (15° - 20°)	
Medianamente inclinados (10° - 15°)	
Ligera a medianamente inclinados (5° - 10°)	Medianamente inclinados (5° - 10°)
Ligeramente inclinados (3° - 5°)	Ligeramente inclinados (3° - 5°)
Muy ligeramente inclinados (1° - 3°)	Muy ligeramente inclinados ($<3^\circ$)
Planos ($<1^\circ$)	

Complejo de terrazas y barrancos: es un concepto similar al de complejos de interfluvios y arroyos distributarios de las rampas de piedemontes; pero en este caso para referirnos a las pendientes superiores a 3° al interior de un polígono de valle fluvial. De poseer esta inclinación, es casi seguro que se trata de un sistema de terrazas, o al menos que la mayor parte de dicho polígono está en un complejo de terrazas fluviales.

Las mismas pueden ser erosivas o acumulativas, pero en esta propuesta se cartografían como complejos no diferenciados. El cuadro 20 expone la subdivisión morfométrica a distintas escalas, con la peculiaridad de que en este caso no es raro encontrar terrazas y barrancos con fuerte inclinación, si se trata de valles fluviales intramontanos, como por ejemplo, las barrancas en los valles fluviales del centro del estado de Veracruz, que se caracterizan por sus paredes verticales (casi 90°) en algunos sectores.

Cuadro 20. Subdivisión morfométrica de los complejos de terrazas y barrancos a diferentes escalas

Complejos de terrazas y barrancos	
Escala 1:50 000	Escala 1:250 000
Abruptos (>45°)	Muy fuertemente inclinados (>30°)
Muy fuertemente inclinados (30°-45°)	
Fuertemente inclinados (20°-30°)	Fuertemente inclinados (10°-30°)
Mediana a fuertemente inclinados (15°-20°)	
Medianamente inclinados (10°-15°)	
Ligera a medianamente inclinados (5°-10°)	Medianamente inclinados (5°-10°)
Ligeramente inclinados (3°-5°)	Ligeramente inclinados (3°-5°)

Complejo de vegas y cauces: es un concepto similar al de superficies y cauces visto anteriormente. Para el caso particular de los valles fluviales proponemos esta nomenclatura para referirnos a las planicies de inundación aluviales, o sea, aquellas unidades susceptibles de presentar inundación periódica durante el tiempo de máximo caudal del sistema fluvial. Se propone el término “vega” por ser muy común en México para denotar los planos de inundación aluviales. El cuadro 21 ofrece la subdivisión morfométrica para distintas escalas.

Cuadro 21. Subdivisión morfométrica de los complejos de vegas y cauces a diferentes escalas

Complejos de vegas y cauces	
Escala 1:50 000	Escala 1:250 000
Muy ligeramente inclinados (1° - 3°)	Muy ligeramente inclinados ($<3^{\circ}$)
Planos ($<1^{\circ}$)	

Planices acolinadas, planicies onduladas y planicies subhorizontales

Las unidades inferiores son:

Complejo de colinas residuales: es un concepto similar al visto para rampas de piedemontes y valles. El cuadro 22 presenta la subdivisión morfométrica para distintas escalas. Los complejos de colinas residuales serán más frecuentes en las planicies acolinadas (constituyen las colinas que dan nombre a esta unidad) y menos en las onduladas y subhorizontales. Del mismo modo, la inclinación de las pendientes en estas unidades disminuirá gradualmente al pasar de planicies acolinadas hasta subhorizontales.

Cuadro 22. Subdivisión morfométrica de los complejos de colinas residuales a diferentes escalas

Complejos de colinas residuales	
Escala 1:50 000	Escala 1:250 000
Abruptos ($>45^{\circ}$)	Muy fuertemente inclinados ($>30^{\circ}$)
Muy fuertemente inclinados (30° - 45°)	Fuertemente inclinados (10° - 30°)
Fuertemente inclinados (20° - 30°)	
Mediana a fuertemente inclinados (15° - 20°)	
Medianamente inclinados (10° - 15°)	
Ligera a medianamente inclinados (5° - 10°)	Medianamente inclinados (5° - 10°)
Ligeramente inclinados (3° - 5°)	Ligeramente inclinados (3° - 5°)
Muy ligeramente inclinados (1° - 3°)	Muy ligeramente inclinados ($<3^{\circ}$)
Planos ($<1^{\circ}$)	

Complejo de superficies y cauces: constituyen la unidad básica al interior de las planicies. Es un concepto análogo al visto para rampas de piedemontes, con la peculiaridad de que en este caso se incluyen todas las pendientes existentes al interior de la planicie. Sin embargo, salvo el caso de las planicies

acolinadas, será rara la presencia de inclinaciones superiores a 20° en las superficies existentes al interior de una planicie. No consideramos posible la presencia de superficies con más de 30° al interior de una planicie, aún siendo acolinada. Sin embargo, predominarán ampliamente las unidades con pendientes inferiores a 5°. El cuadro 23 presenta la subdivisión morfométrica para distintas escalas.

Cuadro 23. Subdivisión morfométrica de los complejos de superficies y cauces a diferentes escalas

Complejos de superficies y cauces	
Escala 1:50 000	Escala 1:250 000
Fuertemente inclinados (20°-30°)	Fuertemente inclinados (10°-30°)
Mediana a fuertemente inclinados (15°-20°)	
Medianamente inclinados (10°-15°)	
Ligera a medianamente inclinados (5°-10°)	Medianamente inclinados (5°-10°)
Ligeramente inclinados (3°-5°)	Ligeramente inclinados (3°-5°)
Muy ligeramente inclinados (1°-3°)	Muy ligeramente inclinados (<3°)
Planos (<1°)	

Otras consideraciones sobre las unidades inferiores

Depresiones: en cualquiera de las unidades superiores podemos encontrar casos de dos curvas cerradas (o más), que poseen valores invertidos de altura absoluta, es decir, que en vez de aumentar hacia la última curva el valor de metros sobre el nivel del mar, disminuyen. En esos casos estamos en presencia de una depresión. Por sus peculiaridades, las depresiones se declaran como unidades inferiores aparte de las vistas hasta aquí y se subdividen por su inclinación (como cualquier complejo de superficies y cauces) y por la periodicidad de inundación (en caso de que se inunden).

Periodicidad de inundación: la periodicidad de inundación es un factor de diferenciación importante en las unidades inferiores, pero sólo en aquellas unidades que posean menos de 3° de inclinación de pendiente para la escala 1:250 000 y menos de 1° de inclinación para la escala 1:50 000. Es decir, es necesario diferenciar (hasta donde sea posible), las superficies con distinta periodicidad de inundación, porque éste es un factor ecológico muy importante en la superficie terrestre. Existen distintas clasificaciones para evaluar la

frecuencia y duración de los periodos de humedad excesiva en el suelo, como la elaborada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, explicado en Siebe *et al.* (1996). El cuadro 24 ofrece la distinción y definición de los distintos períodos de inundación. Una superficie se considera “inundada”, cuando el suelo está saturado, con independencia de la altura que alcance la película de agua sobre el mismo.

El cuadro 25 presenta las distintas definiciones según la escala de trabajo, de acuerdo a nuestra experiencia. La periodicidad de inundación se puede obtener del trabajo de campo mediante monitoreo hidroecológico (a condición de realizar el mismo en al menos una porción de un período hiperanual, o sea, durante al menos dos años), de la consulta con la población local o puede ser inferida de la vegetación o los suelos.

El cuadro 26 ofrece algunas consideraciones aproximadas sobre la relación entre la periodicidad de inundación y algunos tipos de suelos y vegetación.

En todos los casos es necesario definir lo más cercanamente posible la periodicidad de inundación de las unidades.

Cuadro 24. Periodicidad de inundación de las superficies

Periodicidad de inundación	Definición: Período en que el suelo está saturado en agua					
	Estación húmeda			Estación seca		
	1/3	2/3	3/3	1/3	2/3	3/3
Permanentemente inundada	x	x	x	x	x	o
Estacional y temporalmente inundada	x	x	x	x	o	
Estacionalmente inundada	x	x	x	o		
Temporalmente inundada	x	x	o			
Temporal y estacionalmente inundada	x	o				
Ocasionalmente inundada	o					
Muy ocasionalmente inundada	Solo durante eventos hidro-climáticos extremos					

x: totalmente inundada.

o: no alcanza a inundarse totalmente en ese período de tiempo, o sea, el suelo no permanece totalmente saturado en agua en el período señalado.

Cuadro 25. Propuestas de definición de periodicidad de inundación según diferentes escalas

Periodicidad de inundación	Escala	
	1:50 000	1:250 000
Permanente y temporalmente inundada	x	x (Permanente inundada)
Estacionalmente inundada	x	x (Estacionalmente inundada)
Temporales inundadas	x	x (Temporales inundadas)
Temporal y estacionalmente inundada	x	x (Temporales inundadas)
Ocasionalmente inundada	x	x (Ocasionalmente inundada)
Muy ocasionalmente inundada	x	x (Muy ocasionalmente inundada)

Cuadro 26. Algunas aproximaciones generales sobre indicadores de periodicidad de inundación

Periodicidad de inundación	Vegetación	Suelos
Permanente y temporalmente inundada	Manglar ribereño, popal-tular	Histosoles, Gleysoles
Estacionalmente inundada	Otros manglares no ribereños, selva inundable, vegetación halófila	Solonchak, Solonetz, Gleysoles
Temporales inundadas	Vegetación de galería	Subtipos gleícos, Vertisoles

ATRIBUTOS

La vegetación y los suelos son atributos de los paisajes a las escalas 1:250 000-1:50 000, es decir, no funcionan como factores de diferenciación sino como características; son consecuencia y no causa. El siguiente acápite ha sido elaborado con la idea de que exista la información sobre suelos y cobertura vegetal y uso del suelo, al menos, a escala 1:250 000. De no existir ésta, los autores potenciales deberán proceder a realizar el levantamiento correspondiente, siguiendo las normas establecidas al respecto. El recuadro de la página siguiente ofrece algunos datos sobre la información edafológica en el país.

Cuando esté listo el mapa de las unidades inferiores correctamente definidas se procede a superponer los mapas de vegetación y uso del suelo y el edafológico para conocer la composición de cobertura de nuestras unidades inferiores y su soporte edáfico. En este caso se procede a realizar una superposición virtual, es decir, no obtenemos nuevos polígonos, sólo procedemos a conocer cuáles tipos de cobertura y de suelo cumplen con el área mínima cartografiada al interior de cada una de las unidades inferiores para obtener su definición en la leyenda; luego aplica el axioma del área mínima cartografiada.

El cuadro 27 ofrece varios ejemplos de unidades que no se inundan para la escala 1:250 000. En el cuadro 28 se puede apreciar un ejemplo para una zona inundable. En los ejemplos de ambos cuadros aparece primero la cobertura de vegetación y uso del suelo y posteriormente los tipos de suelos. Hemos preferido este orden en el entendido de que la vegetación siempre se presenta cubriendo a los suelos; sin embargo, los usuarios pueden invertir el mismo por

Información edafológica en México

A nivel nacional, el INEGI ha elaborado mapas edafológicos a distintas escalas. A la escala 1 000 000 se cubrió el país mediante ocho cartas, elaboradas entre 1979-1981. A escala 1:50 000 se cuenta actualmente con 2 404 cartas que cubren parcialmente el centro-norte del país. A escala 1:250 000 se obtiene un recubrimiento total (mediante 122 cartas elaboradas entre 1980-1999), las cuales además presentan información alfanumérica de campo y laboratorio (INEGI 2004). La clasificación utilizada en estos mapas es la establecida por FAO/UNESCO/ISRIC (1988) la cual se está migrando hacia la clasificación mundial de suelos (WRB 2000).

Como se dijo anteriormente, el relieve es uno de los principales factores de formación del suelo, y sin duda el más estable, por lo cual su delimitación facilita el levantamiento de suelos. Los mapas elaborados por INEGI reconocen esta premisa; sin embargo, para la representación final de la carta edafológica dicha institución procedió a la creación de asociaciones mediante las cuales se presentan los tipos de suelos principales pero sin relación con el tipo de relieve, por lo que en el momento de superponer el mapa edafológico con el mapa morfo-lito-climático pueden aparecer errores debido a diferencias en cuanto a la unidad base. Por esto es recomendable contar con la asistencia de un edafólogo o bien de alguien con conocimientos profundos de suelos.

A escalas mayores a 1:50 000 es conveniente realizar un levantamiento de suelos tomando como base el mapa morfo-lito-climático. Para ello se puede iniciar con un proceso de barrenaciones con la finalidad de determinar el/los suelo(s) representativos por unidad donde se realice la lectura del perfil del suelo.

Para más información acerca de los pasos propios del trabajo de campo y de los cuidados que deben tomarse tanto para la descripción como para la toma de muestras se puede revisar la siguiente bibliografía:

- 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/ISRIC, 125 pp.
- Siebe, C., R. Jahn y K. Stahr. 1996. *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., Publicación Especial 4, Chapingo-México, 57 pp.
- INEGI. 2004. Guía para la interpretación de cartografía. Edafología. www.inegi.gob.mx. También se puede encontrar información útil en: www.itc.nl/~rossiter/research/rsrch_ss.html.

otras razones y describir primero los suelos y al final la cobertura vegetal. Tal modificación no afecta el resultado final de la leyenda.

En el primer caso (cuadro 27) se ha preferido llevar a la leyenda únicamente la definición de las unidades superiores de vegetación (según Anexo 5) y también se han anotado sólo los nombres de los grandes grupos de suelos. Esto ha estado condicionado por razones prácticas de espacio y en aras de no construir leyendas excesivamente grandes. Sin embargo, en la base de datos del SIG se conserva toda la información detallada sobre los tipos específicos

Cuadro 27. Ejemplo de leyenda de unidades inferiores a escala 1:250 000 para un territorio sin problemas de inundación

Unidades inferiores de paisajes				
Formas del relieve	Pendiente (°)	Símbolo	Vegetación o uso del suelo	Tipos de suelos
Complejos cumbrales	>30	1	Agricultura, bosque de coníferas y bosque mixto	Luvisol, Acrisol y Phaeozem
	10-30	2	Bosque de coníferas	Luvisol, Acrisol y Phaeozem
	5-10	3	Agricultura y bosque de coníferas	Luvisol, Phaeozem y Leptosol
Complejo de colinas Residuales	10-30	4	Pastizal natural y selva caducifolia y subcaducifolia	Cambisol, Luvisol y Phaeozem
	5-10	5	Agricultura y selva caducifolia y subcaducifolia	Phaeozem y Regosol
Complejo de laderas y barrancos	3-5	6	Bosque de coníferas	Regosol y Phaeozem
	>30	7	Pastizal natural y selva subperennifolia	Leptosol y Luvisol
	10-30	8	Agricultura y bosque de coníferas	Luvisol, Phaeozem y Leptosol
Complejo de interfluvios y arroyos distributarios	5-10	9	Agricultura y selva caducifolia y subcaducifolia	Cambisol, Luvisol y Phaeozem
	10-30	10	Agricultura y selva caducifolia y subcaducifolia	Cambisol, Regosol y Phaeozem
	5-10	11	Agricultura, pastizal natural y selva caducifolia y subcaducifolia	Cambisol, Luvisol, Regosol y Phaeozem
Complejo de terrazas y cauces	3-5	12	Agricultura, selva subperennifolia y selva caducifolia y subcaducifolia	Cambisol, Regosol, Luvisol y Phaeozem
	5-10	13	Selva caducifolia y subcaducifolia	Cambisol y Luvisol

Cuadro 27. Ejemplo de leyenda de unidades inferiores a escala 1:250 000 para un territorio sin problemas de inundación

Unidades inferiores de paisajes				
Formas del relieve	Pendiente (°)	Símbolo	Vegetación o uso del suelo	Tipos de suelos
Complejo de terrazas y cauces	3-5	14	Agricultura, selva subperennifolia, selva caducifolia y subcaducifolia y pastizal natural	Regosol, Phaeozem, Fluvisol y Cambisol
Complejo de superficies y cauces	5-10	15	Agricultura y selva caducifolia y subcaducifolia	Regosol y Phaeozem
	3-5	16	Agricultura, vegetación hidrófila y selva caducifolia y subcaducifolia	Regosol y Phaeozem
	<3	17	Agricultura, selva subperennifolia y selva caducifolia y subcaducifolia	Cambisol, Luvisol, Regosol y Phaeozem
Complejo de vegas y cauces	<3	18	Selva caducifolia y subcaducifolia y vegetación hidrófila	Phaeozem y Regosol

de comunidades vegetales y los subgrupos de suelos, con propósitos de evaluaciones posteriores para ordenamiento ecológico, manejo territorial, etc.

En el ejemplo del cuadro 28, y debido a la menor complejidad del territorio o a su menor extensión superficial, se ha logrado llevar a la leyenda información más detallada sobre la vegetación y los suelos. De igual modo, en la base de datos del SIG se conserva toda la información original de las superposiciones realizadas, con similares propósitos de evaluaciones ambientales. Lo anterior indica que la dimensión de la leyenda dependerá de la complejidad y extensión superficial del territorio de estudio, quedando a consideración del equipo de trabajo la decisión sobre qué nivel de información incluir en las leyendas matriciales; sin embargo, en cualquier caso debe conservarse siempre en la base de datos del SIG toda la información detallada sobre la cobertura vegetal y los suelos.

Cuadro 28. Ejemplo de leyenda de unidades inferiores a escala 1:250 000 para un territorio con diferente periodicidad de inundación

Formas del relieve	Periodicidad de inundación	Símbolo	Vegetación o uso del suelo	Tipos de suelos
Complejo de superficies	Muy ocasionalmente inundadas	1	Agricultura (frutales, pastos cultivados y agricultura de temporal) y	Arenosoles; calcárico e histogléico
	Ocasionalmente inundadas	2	Comunidades de dunas costeras tropicales	Geosoles; eútrico y vértico, Cambisol ferrálico y Regosol eútrico
	Temporalmente inundadas	3	Agricultura (frutales y agricultura de temporal) Agricultura (frutales y agricultura de temporal)	Gleysoles; eútrico, móllico y vértico, Fluvisol gléyico y Solonchak gléyico
	Permanentemente inundadas	4	Vegetación hidrófila (popal-tular y tasistal)	Histosol fibrico, Gleysoles; móllico, vértico y eútrico y Solonchak gléyico

ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE LA LEYENDA

Como se ha visto hasta aquí, el mapa se construye mediante dos leyendas independientes, una para las unidades superiores y otra para las unidades inferiores. Sin embargo, es necesario conservar la estructura jerárquica de la leyenda del mapa porque la misma es necesaria para análisis de heterogeneidad y de distribución de biodiversidad, entre otros propósitos. Con este fin, se agrega una tabla a la leyenda que expone la estructura jerárquica de las unidades, es decir, ofrece información explícita sobre cuáles unidades inferiores componen a las superiores.

El cuadro 29 expone el ejemplo de un ejercicio realizado para la zona costera del estado de Tabasco a escala 1:250 000. Por su parte, en el cuadro 30 se puede apreciar el mismo ejemplo para la cuenca del río Copalita en el estado de Oaxaca. En ambos casos, las unidades superiores aparecen señaladas con números romanos y las inferiores con números naturales.

A modo de ejemplo, en formato digital acompañando la versión en línea de este documento (consultar mapas temáticos en www.ine.gob.mx/emapas) ofrecemos los siguientes casos donde se ha desarrollado el método propuesto.

- Cuenca del lago de Cuitzeo Michoacán a escala 1:250 000.
- Cuenca del río Copalita, Oaxaca, a escala 1:250 000.
- Cuenca de los ríos Bobos y Solteros, Veracruz a escala 1:250 000 (modificado del mapa de paisajes físico-geográficos a escala 1:100 000, según PLAHEYRA 2000).
- Dunas de Samalayuca, Chihuahua a escala 1:50 000 (modificado del mapa de paisajes físico-geográficos a escala 1:50 000, según CIG-UACJ 2005).

Cuadro 29. Estructura jerárquica de los paisajes en la zona costera del estado de Tabasco a escala 1:250 000

Localidades bio-físicas	Estructura jerárquica de los paisajes					
	Parajes bio-físicos					
	CPD	CSMOI	CSOI	CSTI	CSEI	CSPI
I	1	2			14, 15, 16	25
II			3	7, 8, 9	17, 18, 19, 22	26
III				7, 10, 11	18, 20, 22	
IV			4, 5	12	21, 23	
V			6	13	20, 24	

CPD: Complejo de playas y dunas; CSMOI: Complejo de superficies muy ocasionalmente inundadas; CSOI: Complejo de superficies ocasionalmente inundadas; CSTI: Complejo de superficies temporalmente inundadas; CSEI: Complejo de superficies estacionalmente inundadas, CSPI: Complejo de superficies permanentemente inundadas.

Cuadro 29. Estructura jerárquica de los paisajes en la cuenca del río Copalita en el estado de Oaxaca a escala 1:250 000

Localidades bio-físicas	Estructura jerárquica de los paisajes						
	Parajes bio-físicos						
	CC	CCR	CLB	CIAD	CTC	CSC	CVC
I	1		29, 35, 45, 51			65	
II	2		29, 35, 45				
III	3		36				
IV	4, 12		29, 37, 46, 52			66	
V	5		29, 38, 45				
VI	6		41				
VII	7		30, 39			67	
VIII			29, 38				
IX	8		31, 40, 47			68	
X	9		32, 41, 47, 54			69	
XI	9		33, 41			67	
XII	14		42, 48			70	
XIII	9		34, 42, 49, 53			71	
XIV	10, 13, 16		43, 50, 54			72	
XV	11, 14, 17		44, 50, 54			73	
XVI	15, 16		44, 49, 50, 54			74	
XVII		22, 23, 26		55, 58		75	

Cuadro 29. Estructura jerárquica de los paisajes en la cuenca del río Copalita en el estado de Oaxaca a escala 1:250 000

Localidades bio-físicas	Estructura jerárquica de los paisajes						
	Parajes bio-físicos						
	CC	CCR	CLB	CIAD	CTC	CSC	CVC
XVIII		18, 20, 24, 27		56, 57, 58		76	
XIX		19, 21, 25, 28			59		79
XX		22, 23, 25, 26				60, 61, 63, 75, 77	
XXI						74	
XXII						78	
XXIII	22, 23					60, 64, 78	
XXIV						62, 64, 78	

CC: complejos cumbrales; CCR: complejo de colinas residuales; CLB: complejo de laderas y barrancos; CIAD: complejo de interfluvios y arroyos distributarios; CTC: complejo de terrazas y cauces; CSC: complejo de superficies y cauces; CVC: complejo de vegas y cauces.

- Zona costera del Estado de Tabasco a escala 1:250 000 (modificado del mapa de paisajes físico-geográficos a escala 1:250 00, según DCB-UJAT 2006).

Los mapas señalados pueden ser consultados en: www.ine.gob.mx/emapas, en la sección de mapas regionales.

ANEXOS

ANEXO 1. MÉTODO PARA REALIZAR MAPA DE DISECCIÓN VERTICAL según A. G. Priego-Santander, E. Isunza-Vera, N.

Luna-González y J. L. Pérez-Damián. 2003. Disección vertical del relieve de México a escala 1:250 000. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. <http://mapas.ine.gob.mx/website/metadato/cuencas/diseccion.html>.

La disección vertical es un parámetro morfométrico que representa la amplitud del relieve (altura relativa) por unidad de área y se expresa en m/km^2 . Sirve principalmente para definir algunos tipos de relieve (montañas, lomeríos, planicies acolinadas, planicies onduladas y planicies subhorizontales), y nos ofrece información sobre la energía del relieve.

Tradicionalmente y de forma manual se obtiene mediante la confección de una malla que a la escala de trabajo represente 1 km^2 , y sobrepuesta a la carta topográfica se contabiliza la diferencia de altura para cada cuadrícula, es decir, se cuenta la altura absoluta de la curva de nivel de mayor valor que corresponda a la cuadrícula y se le resta la altura absoluta de la curva de nivel de menor valor en la misma cuadrícula, esta diferencia es la disección vertical. Por ejemplo: $2520 - 1760 = 760 \text{ m}/\text{km}^2$; una vez obtenida esta base matemática para toda el área del mapa se suavizan los contornos, ya que en la naturaleza este parámetro no ocurre en cuadrados perfectos; para dicha generalización es necesario elaborar contornos que se ajusten a la morfografía de los diferentes tipos de relieve obtenidos; esto es posible mediante la observación de

la disposición y densidad de las curvas de nivel; por ejemplo, las fracciones de una cuadrícula que contengan mas densidad de curvas de nivel que las contiguas asumirán el valor de mayor disección que corresponda al trazo elaborado a mano alzada.

El procedimiento descrito además de laborioso se vuelve casi imposible en mapas que representen una gran superficie, o bien implican la utilización de muchos recursos humanos y tiempo. Por esto fue necesario diseñar un método para obtener mapas de amplitud del relieve asistidos por un SIG; en nuestro caso utilizamos Arc/Info, pero como la finalidad del presente texto es que nuestra experiencia pueda ser replicada en otros sistemas, se detallará además del método empleado, el nombre y la función del comando en Arc/Info, así como su sintaxis, esperando que exista alguna equivalencia en otros sistemas.

Como la finalidad del método es obtener el mapa ya generalizado de la disección vertical, es necesario dividir el proceso en tres partes: primero obtenemos los contornos morfográficos por los cuales suavizaremos el mapa, posteriormente obtendremos la base matemática en bruto de la disección vertical y por último integraremos ambos preliminares en nuestro mapa final.

PARTE I

A partir de la carta vectorial de curvas de nivel se obtiene una carta raster (*grid*) que represente la densidad de curvas de nivel por área; para este paso es necesario tener en cuenta la escala de trabajo y la equidistancia de las curvas para poder definir adecuadamente las dimensiones del pixel de salida de la imagen; nuestra experiencia ha sido en trabajos a escalas 1:50 000 y 1:250 000; para la primera encontramos razonable como medida del pixel entre 15 y 20 m y en la segunda 80 y 100 m. Por esto recomendamos utilizar un factor de entre 0.0003 y 0.0004 para obtener dicho valor, por ejemplo: $50\ 000 * 0.0003 = 15$ ó $250\ 000 * 0.0004 = 100$. Este mismo valor de pixel deberá ser utilizado en todos los demás procesos descritos.

Específicamente para este proceso es necesario definir el radio de un área para la cual será calculada la densidad de líneas. Aquí también es menester considerar la escala; para 1: 50 000 utilizamos 1 km^2 , es decir, $1\ 000\ 000\text{ m}^2$ y su radio es 564.189 m y para 1:250 000 su proporción cuadrada, es decir, 25 km^2 o $25\ 000\ 000\text{ m}^2$ con un radio de 2820.947 m. Para este valor también tenemos un factor aplicable directo a la escala y es: 0.01128. Por ejemplo, $75\ 000 * 0.01128 = 846$ o $500\ 000 * 0.01128 = 5\ 640$.

Otra consideración es que los mapas deben estar en coordenadas métricas (metros).

Una vez definido esto el comando que utilizamos en Arc/Info se llama (Linedensity). Éste calcula de forma circular la densidad de líneas existentes para cada pixel. Su sintaxis es la siguiente: Linedensity (<líneas>, <campo>, <tamaño pixel>, <METODO DE INTERPOLACION>, <factor de unidades de escala>, <radio>)

Donde:

<líneas> = Nombre de la carta vectorial.

<campo>= (opción de veces que debe utilizarse cada línea para el cálculo).

<tamaño pixel>= Dimensión del pixel.

<METODO DE INTERPOLACION>= Normal (SIMPLE) o suavizado (KERNEL).

<factor de unidades de escala> = Factor opcional que multiplica resultado.

<radio>= radio de la circunferencia.

Por ejemplo para una carta 1:250 000:

Morfografía1 = Linedensity (curvas_nivel, NONE, 80, Kernel, 1000, 2820.95).

En este caso cabe destacar que no se utiliza ningún campo que discrimine las veces que deben usarse las curvas; además utilizamos un factor de 1 000 con la finalidad de que el resultado sea dado en números enteros y fracciones manejables.

La opción para 1:50 000 sería:

Morfografía1= Linedensity (curvas_nivel, NONE, 15, Kernel, 1000, 564.19).

Posteriormente tuvimos que analizar el resultado y buscar las agrupaciones que representaran adecuadamente los contornos morfológicos. En un estudio para todo el país escala 1:250 000 la clasificación obtenida fue la siguiente:

0-0.001=1

0.001-0.4=2

0.4-1=3

1-2=4

2-3=5

3-5=6

5-7=7

7-10=8

10-15=9

15-20=10

El siguiente paso consiste en reclasificar con los valores dados el grid previamente obtenido.

El comando en Arc/Info se llama (Reclass). Este reclasifica o cambia los valores de un grid a partir de una lista o tabla con valores.

La sintaxis es: RECLASS(<grid>, <tabla>, <Tipo>, {campo_entrada}, {campo_salida}).

Donde:

<grid>= imagen de entrada.

<tabla>= Tabla con los rangos a reclasificar.

<Tipo>= Toma en cuenta los píxeles con valores (DATA) o nulos (NODATA).

{campo_entrada}= Si la imagen de entrada tiene más de un campo en su tabla.

{campo_salida}= Si se quiere una salida con un nuevo campo.

Ejemplo:

Morfografia2 = Reclass (Morfografia1, morfo.txt, DATA).

En este ejemplo la tabla morfo.txt contiene los valores arriba descritos; los campos entre { } son opcionales y en este caso no son necesarios.

El siguiente es un paso indispensable en Arc/Info, ya que necesitamos tener independencia en los polígonos de la misma clase sin conexión espacial, y debido a que en formato raster es imposible independizarlos, es decir, asignarles un valor único a cada “polígono”. Para ello tenemos que hacer una conversión a formato vectorial y posteriormente a raster nuevamente, utilizando aquí como valor el identificador único de polígono.

El comando para convertir de grid a vector (polígono) es (GRIDPOLY)

Su sintaxis es: GRIDPOLY <grid_entrada> <cobertura_salida> {tolerancia}

Ejemplo: GRIDPOLY Morfografia2 Morfografia3

Y posteriormente convertimos de vector a raster con POLYGRID.

Sintaxis: POLYGRID (<cobertura_entrada>, {campo}, {tamaño_pixel})

Ejemplo: Morfografia4 = POLYGRID (Morfografia3, Morfografia3_ID, 80)

Aquí hay que observar que el valor campo es el ID esto significa que de la base de datos de la cobertura o mapa vectorial utilizamos el identificador único de cada polígono para importar nuevamente a raster.

PARTE II

Aquí tenemos que empezar el proceso para obtener en bruto la disección vertical, por lo que es necesario contar con un modelo de elevación, que nosotros creamos a partir de las curvas de nivel respetando el tamaño de pixel definido en la Parte I.

A partir del modelo de elevación utilizamos el comando (FOCALRANGE).

Aquí lo que hacemos es, con este comando encontrar para cada celda del raster la diferencia o “rango de altura” que se da en un radio para 1 km².

Sintaxis: FOCALRANGE(<grid>, <CIRCLE>, <radio>, {DATA | NODATA})

<grid>= raster de entrada (Modelo de elevación).

<CIRCLE>= Método de cálculo.

<radio>=Radio del círculo (para 1 Km²) “en número de celdas”.

{DATA | NODATA}= Método de cálculo para las áreas sin dato

Hay que tener cuidado a la hora de ingresar el valor <radio>, ya que contrariamente a lo ocurrido en la parte anterior con el comando “linedensity”, aquí depende de la dimensión del pixel de entrada (Modelo de elevación).

Para calcular el radio hay que dividir 564.19 (radio de 1 km²) entre la dimensión del pixel para obtener el número de celdas que representa el radio para 1 km².

La expresión a usar para un modelo con valor de celda de 10 m es la siguiente:

Dv1 = Focalrange(mdet, CIRCLE, 56, DATA).

El ejemplo para un raster de entrada de 80 m sería el siguiente:

Dv1 = Focalrange(mdet, CIRCLE, 7, DATA).

Nota: este método será válido para modelos de pixel menores a 564 m y hay que asumir el error de la fracción, ya que sólo se puede dar en números enteros, por lo que es necesario ajustar el valor del radio a un número entero.

PARTE III

El siguiente paso consiste en definir según los contornos morfométricos la disección vertical obtenida. Este procedimiento se realiza para afinar los límites de la DV a contornos espaciales más concretos sucede que a veces, por el cambio abrupto de la pendiente, el límite de la DV en una ladera nos puede resultar desdibujado o invadiendo parte de la misma. Este procedimiento nos facilita la rectificación de los límites de la DV.

Los insumos necesarios son: Límites morfológicos (Morfografía4) y Disección vertical (Dv1). Lo que se realiza en este paso es promediar todos los valores de celdas del raster Dv1 que coinciden con los límites del Morfografía4 para asumir por contorno morfológico un solo valor de DV.

Aquí utilizamos el comando ZONALMEAN de Arc/Info y su función es precisamente promediar los valores de un raster en áreas determinadas (zonas) de un segundo raster.

Sintaxis: ZONALMEAN(<zone_grid>, <value_grid>, {DATA | NODATA}).

<zone_grid>=Raster con contornos (Morfografía4).

<value_grid>=Raster a promediar (Dv1).

{DATA | NODATA}= Método de cálculo para las áreas sin dato.

La expresión traducida sería la siguiente:

Dv2 = ZONALMEAN(Morfografía4, Dv1, DATA).

Posteriormente, lo que procede es agrupar en clases nuestro mapa con el comando RECLASS, definido anteriormente, de la siguiente manera:

Dv3 = RECLASS(Dv2, Dv.txt, DATA).

Donde Dv.txt debe ser un archivo de texto con la siguiente clasificación:

0 2.5:1
2.5 5:2
5 10:3
10 15:4
15 20:5
20 30:6
30 40:7
40 60:8
60 80:9
80 100:10
100 250:11
250 500:12
500 1000:13

Esta tabla contiene los rangos de DV posibles de definir, y como se menciona al principio de este escrito, están dados en valores de m/km² y los tipos de relieve que representan son los siguientes:

Planicies subhorizontales (< 2.5)

Planicies onduladas ligeramente diseccionadas (2.5-5)

Planicies onduladas medianamente diseccionadas (5-10)

Planicies onduladas fuertemente diseccionadas (10-15)

- Planicies acolinadas ligeramente diseccionadas (15-20)
- Planicies acolinadas medianamente diseccionadas (20-30)
- Planicies acolinadas fuertemente diseccionadas (30-40)
- Lomeríos ligeramente diseccionados (40-60)
- Lomeríos medianamente diseccionados (60-80)
- Lomeríos fuertemente diseccionados (80-100)
- Montañas ligeramente diseccionadas (100-250)
- Montañas medianamente diseccionadas (250-500)
- Montañas fuertemente diseccionadas (>500)

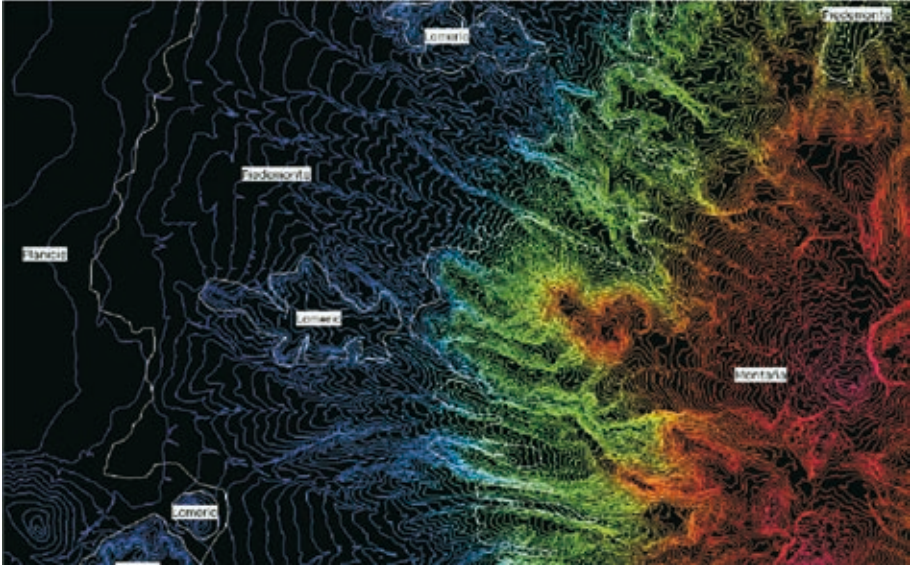
Finalmente se convierte de raster a vectorial en forma de polígonos en el módulo Arc con el comando Gridpoly como se describió anteriormente.

Por último, hay que entrar al módulo “Edit Tools” para suavizar los contornos, buscando cuál es la tolerancia necesaria para eliminar los bordes “ase-rados” causados por la delimitación del grid (que son pixeles cuadrados) y aplicar un comando llamado SPLINE.

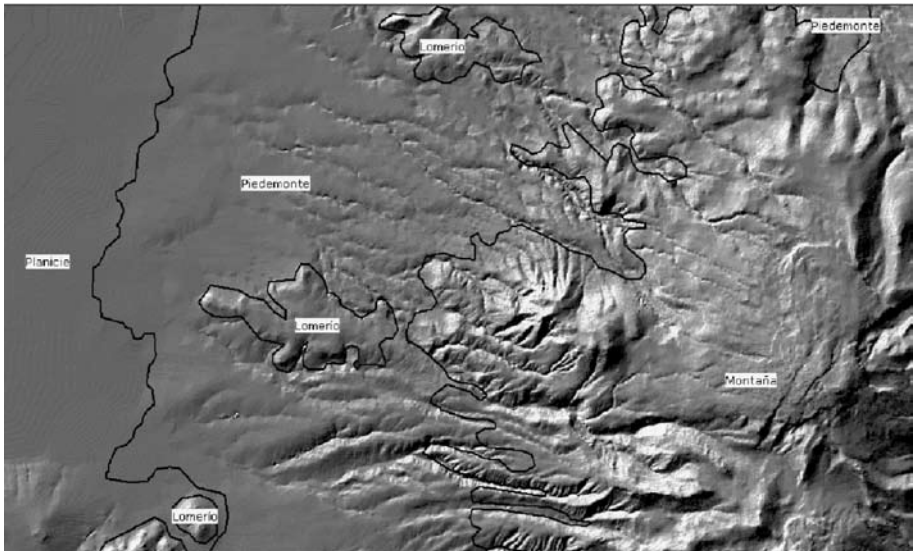
Para esto se necesita seleccionar un arco cualquiera y definir las tolerancias en el botón “Edit Env” siguiendo las siguientes reglas: primero hay que recordar el tamaño del pixel que dio origen al borde (por ejemplo, 100 m); acto seguido hay que definir las tolerancias “Node snap tol” y “Arc Snap tol” en una décima parte de la referencia (10); finalmente se modifica la tolerancia “Vertex distance” de cuatro a seis veces la referencia (400 o 600), se aplica “Apply” y cancela “cancel” se despliega un menú secundario oprimiendo “More Arc Editing” y se aplica el comando “SPLIN”. A continuación se observa el resultado y si es necesario se modifica la tolerancia “Vertex distance”. Para realizar estas pruebas se tiene la opción de deshacer con el botón “OOPS”; cuando se tenga la tolerancia deseada se seleccionan todos los arcos y se aplica el proceso a todos. Finalmente, en el módulo “Command Tools” se reconstruye topología con “build” y se tiene el mapa final.

ANEXO 2. EJEMPLOS DE IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE RELIEVE SEGÚN INTERPRETACIÓN DE DISTINTOS MATERIALES

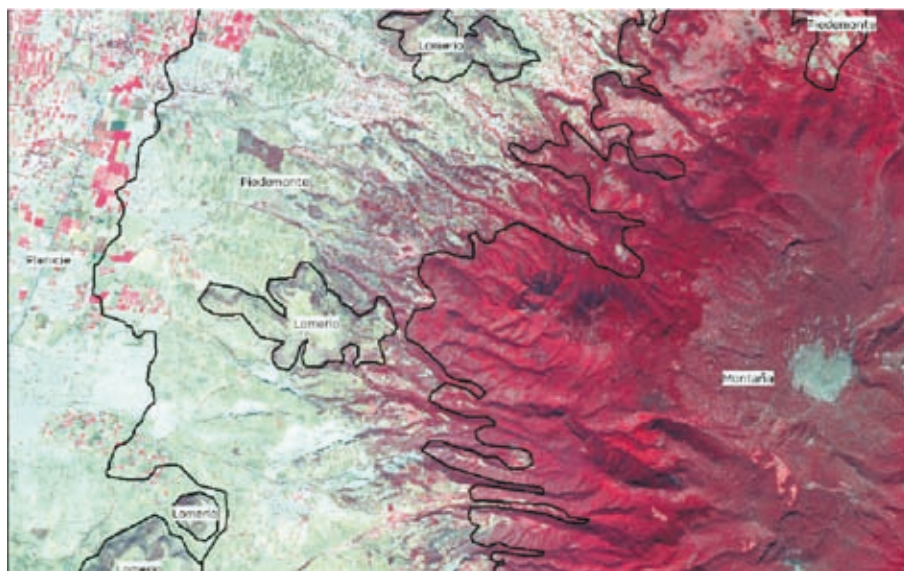
Anexo 2.1. Identificación de algunos tipos de relieve según las curvas de nivel



Anexo 2.2. Identificación de algunos tipos relieve según el modelo sombreado



Anexo 2.3. Identificación de algunos tipos de relieve según una imagen SPOT



ANEXO 3. LA GENERALIZACIÓN CARTOGRÁFICA CONCEPTUAL Y LA ESPACIAL

Generalización conceptual

La generalización conceptual consiste en otorgar a dos polígonos adyacentes las propiedades y atributos de ambos, eliminando entonces el límite entre ellos y convirtiéndolos en una sola y misma unidad. Esto se puede hacer cuando ambos polígonos comparten características próximas, lo que depende de los objetivos de la investigación y de la connotación que la generalización tenga en los resultados finales. El cuadro 2.1 ofrece ejemplos de generalización conceptual entre dos polígonos adyacentes A y B.

Cuadro 2.1. Generalización conceptual

Polígono A	Polígono B	Generalización conceptual (nuevo polígono AB fusionado)
Lomeríos medianamente diseccionados	Lomeríos fuertemente diseccionados	Lomeríos mediana a fuertemente diseccionados
Planicies con clima templado húmedo	Planicies con clima templado subhúmedo	Planicies con clima templado subhúmedo a húmedo
Montañas constituidas por calizas	Montañas constituidas por mármol	Montañas constituidas por calizas y mármol

La generalización conceptual implica la eliminación del límite entre los polígonos A y B y la creación de una nueva entidad que conserva las propiedades y atributos de ambos y que es resultado directo de la fusión de ambos polígonos para formar uno nuevo.

Generalización espacial

La generalización espacial se basa en el axioma del área mínima cartografiable. Este axioma geográfico obliga a cartografiar toda entidad correspondiente a la unidad básica de representación cartográfica del mapa en cuestión (sea cual sea el tema), siempre que los polígonos de dicha entidad cumplan con poseer el área mínima necesaria para ser representados. Al mismo tiempo, este axioma condiciona que todo polígono que no cumpla con poseer el área mínima

cartografiable debe ser generalizado e incorporado al polígono adyacente con el que comporta mayor perímetro. Internacionalmente el área mínima cartografiable más empleada varía entre 3 y 5 mm², siendo esta última cifra la más usada. En México hemos empleado 4 x 4 mm con buenos resultados, por lo que se recomienda como mínima cartografiable.

La generalización espacial consiste en la incorporación de un polígono a otro adyacente; pero en este caso, el polígono que se incorpora pierde sus propiedades y atributos originales para adquirir todas las propiedades y atributos del polígono al cual se incorpora. La generalización espacial se ejecuta, con mayor frecuencia, para eliminar los polígonos que no cumplen con poseer el área mínima cartografiable e incorporarlos a polígonos adyacentes que sí cumplen con este axioma. La generalización espacial puede ser supervisada o no. Lo ideal es que sí lo sea para de esta forma controlar que cada polígono que se va a generalizar, se incorpore a polígonos lo más cercano posible a sus atributos originales. El cuadro 2.2 ofrece ejemplos de generalización espacial entre dos polígonos adyacentes A y B, donde el polígono B no cumple con poseer el área mínima cartografiable y por ende, debe ser incorporado a otro polígono.

Cuadro 2.2. Generalización espacial

Polígono A	Polígono B	Generalización espacial (nuevo polígono AB fusionado)
Lomeríos medianamente disecionados	Colinas ligeramente disecionadas	Lomeríos medianamente disecionados
Planicies con clima templado húmedo	Planicies con clima árido templado seco	Planicies con clima templado húmedo
Montañas constituidas por calizas	Montañas constituidas por mármol	Montañas constituidas por calizas
Laderas fuertemente inclinadas	Laderas ligeramente inclinadas	Laderas fuertemente inclinadas

La generalización espacial implica la eliminación del límite entre los polígonos A y B y la creación de una nueva entidad que conserva, únicamente, las propiedades y atributos del polígono que cumple con poseer el área mínima cartografiable. Como se observa en el cuadro 2.2, el nuevo polígono AB solo posee las propiedades de A y no conserva ningún atributo del polígono B. Cuando se ejecuta la generalización espacial, la base de datos asociada al mapa

generalizado no debe reflejar las características originales sino el resultado de la fusión. Las características originales de cada polígono generalizado se pueden conservar en las coberturas originales pero no en el nuevo mapa.

ANEXO 4. PROPUESTA DE UNIFICACIÓN DE DISTINTOS TIPOS LITOLÓGICOS SEGÚN SUS PROPIEDADES QUÍMICO-MINERALÓGICAS Y LA EXPRESIÓN RESULTANTE EN EL RELIEVE

Clase	Grupo	Subgrupo	Nombre	Tipo de roca
Ígneas	Extrusivas	Ácidas	Volcánicas ácidas	Brecha volcánica ácida
				Riodacita
				Riodacita-Brecha volcánica ácida
				Riodacita-Toba ácida
				Riodacita-Dacita
				Riolita
				Riolita-Brecha volcánica ácida
				Riolita-Riodacita
				Riolita-Toba ácida
				Toba ácida
				Vitrofito dacítico
				Vitrofito riolítico
				Dacita
				Dacita-Toba ácida
				Silice
				Dacita-Brecha volcánica ácida
				Vidrio Dacítico
				Vidrio Ácido
				Toba ácida-Brecha volcánica ácida
				Arenisca-Toba ácida (CV-S)
Volcano-Clástico				
Ígneas	Extrusivas	Intermedias	Volcánicas intermedias	Andesita
				Andesita-Brecha volcánica intermedia
				Andesita-Toba intermedia
				Dacita-Toba ácida
				Brecha volcánica intermedia
				Toba intermedia
				Toba intermedia-Brecha volcánica intermedia
				Latita
				Arenisca-Toba intermedia (CV-S)
				Volcano-Clástico
				Traquita

ANEXO 4. PROPUESTA DE UNIFICACIÓN DE DISTINTOS TIPOS LITOLÓGICOS SEGÚN SUS PROPIEDADES QUÍMICO-MINERALÓGICAS Y LA EXPRESIÓN RESULTANTE EN EL RELIEVE

Clase	Grupo	Subgrupo	Nombre	Tipo de roca
Ígneas	Extrusivas	Básicas	Volcánicas básicas	Basalto Basalto-Brecha volcánica básica Basalto-Toba básica Brecha volcánica básica Diabasa Toba básica Toba básica-Brecha volcánica básica Arenisca-Toba Básica (CV-S) Volcano-Clástico
Ígneas	Intrusivas	Ácidas	Intrusivas ácidas	Granito Granito-Granodiorita Granodiorita Granodiorita-Tonalita Sienita Porfido riolitico
Ígneas	Intrusivas	Intermedias	Intrusivas Intermedias	Tonalita Porfido traquitico Diorita Porfido basaltico Porfido monzonitico Monzonitas Porfido dacitico Porfido andesitico
Ígneas	Intrusivas	Básicas	Intrusivas básicas	Gabro
Sedimentarias	Clásticas	Terrígenas	Gruesas	Brecha sedimentaria Arenisca Arenisca-Conglomerado Conglomerado Arenisca-Toba acida Cuarzoarenita Conglomerado-Brecha sedimentaria

ANEXO 4. PROPUESTA DE UNIFICACIÓN DE DISTINTOS TIPOS LITOLÓGICOS SEGÚN SUS PROPIEDADES QUÍMICO-MINERALÓGICAS Y LA EXPRESIÓN RESULTANTE EN EL RELIEVE

Clase	Grupo	Subgrupo	Nombre	Tipo de roca
				Arcosa
				Arenisca-Brecha sedimentaria
				Arenisca-Conglomerado-Caliza
				Arenisca-Limolita
				Arenisca-Lutita
				Arenisca-Yeso
				Arenisca-Conglomerado-Limolita
				Grauvaca
		Finas	Lutita	Lutita
				Lutita-Arenisca
				Limolita-Arenisca-Conglomerado
				Limolita-Caliza
				Lutita-Arenisca-Caliza
				Lutita-Arenisca-Conglomerado
				Lutita-Limolita
				Lutita-Limolita-Arenisca
				Lutita-Limolita-Caliza
				Lutita-Yeso
				Silcreta
				Limolita-Arenisca
Sedimentarias	Químicas	Carbonatadas	Caliza	Caliza
				Caliza-Arenisca
				Caliza-Limolita
				Caliza-Lutita-Arenisca
				Caliza-Yeso
				Travertino
				Coquina
				Dolomía
				Caliza-Lutita
		No carbonatadas	Carbón	Carbón
			Silex	Silex
			Yeso	Yeso
			Sal	Sal

ANEXO 4. PROPUESTA DE UNIFICACIÓN DE DISTINTOS TIPOS LITOLÓGICOS SEGÚN SUS PROPIEDADES QUÍMICO-MINERALÓGICAS Y LA EXPRESIÓN RESULTANTE EN EL RELIEVE

Clase	Grupo	Subgrupo	Nombre	Tipo de roca
Meta-mórficas	No litificadas	Moderada	Residual	Depósito coluvial
		Fina	Lacustre actual	Depósitos lacustres
			Palustre	Depósitos biógenos
		Fina-Mod.	Eólico	Depósitos eólicos
			Moderada	Aluvial
		Gruesa	Litoral	Depósitos marinos
	Derivadas de		Lutitas	Esquistos
			Pizarras	
			Pizarra-Filita	
			Esquisto-Gneis	
			Filitas	
			Gneiss	
			Lutitas, volcánicas y graníticas	Serpentinitas
				Meta andesita
				Meta volcanica
				Complejo ofiolítico
			Rocas graníticas y máficas	Meta granito
				Skarn
				Migmatitas
			Volcánicas máficas	Complejo ultra basico
	Meta intrusivo			
	Anfibolitas			
	Conglomerado rico en cuarzo	Metaconglomerados		
		Cataclasita		
	Cualquier material	Milonitas		
	Calizas y dolomitas	Mármoles		
	Arenisca rica en cuarzo	Cuarcitas		
	Cualquier material de grano fino	Complejo metamorfoico indiferenciado		
		Meta sedimentaria		
		Corneana		

ANEXO 5. DISTRIBUCIÓN APROXIMADA DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN SEGÚN TIPOS DE CLIMAS

Tipos de vegetación	Climas húmedos				Climas secos			
	Cálido cálido	Semi- plado	Semi- frío	Frio a muy frío	Cálido	Semi- cálido	Semi- plado	Semi- frío
Bosque mixto		X	X				X	
Bosque de latifoliadas		X	X			X		
Bosque de coníferas			X		X			
			X		X			
			X					
Selva caducifolia y subcaducifolia					X			
					X			
					X			
					X			
					X			
Selva perennifolia y subperennifolia					X			
					X			
					X			
					X			
					X			
Matorral								
Matorral xerófilo						X		
							X	
								X

ANEXO 5. DISTRIBUCIÓN APROXIMADA DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN SEGÚN TIPOS DE CLIMAS

Tipos de vegetación	Climas húmedos			Climas secos		
	Cálido semi- cálido	Tem- plado	Frio a muy frio	Cálido	Semi- cálido	Semi- plado frio
Bosque mixto						
Pino-encino		X				
Matorral crasicaule					X	X
Matorral desértico rosetófilo					X	X
Matorral rosetófilo costero					X	
Matorral espinoso tamaulipeco				X	X	X
Matorral sarcocaule				X	X	X
Matorral sarcocrasicaule de neblina		X				
Matorral sarcocrasicaule				X	X	X
Matorral desértico micrófilo					X	X
Matorral submontano		X			X	X
Vegetación de desiertos arenosos				X	X	X

ANEXO 6. CLASIFICACIÓN GENÉTICA DE LOS PAISAJES (CON BASE EN MATEO 1984, 2002)

La clasificación genética de los paisajes tiene como objetivo esclarecer las causas y condiciones de formación del geocomplejo y clasificarlo según su origen; por ello, si se desea hacer la clasificación genética del paisaje, se debe incorporar de manera explícita en la nomenclatura la génesis de la entidad geográfica. Sin embargo, es necesario señalar que una correcta clasificación genética del paisaje es una tarea compleja y a veces poco práctica, pues los geocomplejos son resultados de procesos poligenéticos actuando de manera metacrónica. Por esta razón, y por la elevada complejidad de ejecutar una clasificación genética del paisaje, aquí se propone como un aspecto opcional, esto es, no totalmente necesario para obtener el mapa.

La importancia de la clasificación genética radica en que la misma permite comprender y explicar la estructura actual del ecosistema geográfico, su composición y propiedades. La génesis del paisaje se obtiene del origen del relieve porque éste es el principal factor de diferenciación geocológica en la superficie terrestre.

El modelado de la superficie terrestre juega tres roles críticos en la heterogeneidad del espacio geográfico:

- a) El relieve determina la cantidad de energía solar que incide en cualquier punto de la superficie del planeta. Los ecosistemas de la superficie terrestre obtienen de los rayos solares más de 98% de la energía para su funcionamiento. Dentro de una faja latitudinal definida, la exposición e inclinación de la superficie son los fundamentos de la cantidad de energía solar que arriba a un punto dado de la superficie terrestre. Por otra parte, en los sistemas de lomeríos y montañas el relieve determina el carácter y difusión espacial de las “sombras topográficas”. Por lo tanto, el relieve al interior de una faja latitudinal dada determina y modifica la cantidad de energía que incide en cualquier punto de la superficie terrestre, lo cual posee una elevada connotación ecológica.
- b) El relieve condiciona la redistribución de la humedad atmosférica y determina el sentido y dirección de los flujos superficiales así como la existencia de los cuerpos de agua. Las grandes masas de aire atmosféricas se redistribuyen en la superficie terrestre con arreglo al diseño del relieve, pero, además, el relieve condiciona la dirección del escurrimiento super-

ficial y subsuperficial así como la presencia y dimensiones de los cuerpos de agua. Por lo tanto, el grado de humedecimiento del paisaje es función del relieve y los biocomponentes deben seguir este patrón o desarrollar adaptaciones para soportar condiciones de estrés hídrico (por exceso o déficit de humedad), lo cual le confiere al relieve, nuevamente, una elevada connotación ecológica.

- c) El relieve controla la distribución de sedimentos en la superficie terrestre, y con ellos, parte importante de los nutrientes. Los procesos geomorfológicos (agradativos o degradativos) condicionan la distribución diferencial, composición y potencia de los sedimentos en la superficie del planeta. Por ende, el relieve determina, en gran medida, la distribución y potencia de los depósitos no consolidados, entre ellos los suelos y con los mismos, parte importante de los nutrientes.

Es debido esencialmente a lo anterior que la alta variabilidad del espacio geográfico generada, por la diferenciación geomorfológica, le confiere al mismo una importante connotación ecológica sobre la superficie terrestre. Para las escalas 1:250 000 a 1:50 000, la clasificación genética de los paisajes se limita a esclarecer la génesis de las unidades superiores, esto es, de los tipos de relieves, tal y como se han definido hasta aquí.

La clasificación genética de las unidades inferiores interesa solamente a escalas muy detalladas ($\geq 1:5 000$), por lo que no serán tratadas en este trabajo. En este sentido, se abordará la génesis de los tipos de relieve, o sea, unidades cuyas dimensiones son del orden de las decenas de km^2 , que son las que generalmente definen las unidades superiores de los paisajes a estas escalas de trabajo. Sin embargo, como las microformas del relieve, por definición, pueden tener desde algunas decenas de metros hasta 10 km^2 , también es aplicable, a condición de que superen el área mínima cartografiable y que sus dimensiones den la oportunidad de la cartografía de las unidades taxonómicas inferiores.

Como se explicó anteriormente, la definición de los tipos de relieve no ofrece información sobre la génesis de los paisajes, salvo el caso obvio de los valles y rampas de piedemontes. Los tipos genéticos principales del relieve, que interesan para clasificar el origen de unidades de paisajes emergidos a las escalas 1:250 000 a 1:50 000, son los siguientes: endógeno-modelado, magmático, fluvial, cársico, marino-litoral, eólico, glaciárico, biógeno y lacustre.

La clasificación genética de los paisajes debe esclarecer cuál de estos procesos ha sido clave en la conformación actual de los tipos morfométricos del relieve, y adicionalmente, se puede (sí se desea) agregar la nomenclatura de procesos agradativos o degradativos recientes que hayan sido relevantes en el modelado actual del relieve. Los procesos agradativos (o constructivos) son los acumulativos y los degradativos (o destructivos) son los denudativos, erosivos, abrasivos y corrosivos.

Todos los criterios que se exponen a continuación deben ser tomados como guías generales que pueden apoyar un intento de clasificación genética de los paisajes, y de ninguna manera como criterios absolutos que permitirían realizar una clasificación siempre correcta de la génesis de los geocomplejos. Al vincular las clases genéticas principales del relieve con los tipos morfométricos se obtienen resultados como los que se aprecian en el cuadro 6.1; el cuadro 6.2 ofrece la distribución de procesos agradativos o degradativos por tipos morfométricos del relieve. El cuadro 6.3 ofrece una propuesta más integral que considera los tipos litológicos más probables dentro de cada clase genética del relieve y, además, la relación con todos los tipos de relieve.

Cuadro 6.1. Tipos morfométricos del relieve que pueden existir en cada clase genética

Tipos genéticos del relieve		Tipos morfométricos del relieve				
		Sub-horizontales	Planicies Onduladas	Acolinadas	Lomeríos Lomeríos	Montañas
Endógeno-Modelado	Sistemas horizontales	X				
	Sistemas monoclinales			X	X	X
Magmático	Sistemas plegados		X	X	X	X
	Sistemas en bloques	X	X	X	X	X
	Sistemas intrusivos	X	X	X	X	X
Fluvial	Sistemas efusivos	X	X	X	X	X
	Corrientes permanentes	X	X	X	X	
Cársico	Corrientes temporales	X	X	X	X	
		X	X	X	X	X
Eólico	Destructivo	X	X	X	X	
	Constructivo	X	X	X	X	

Cuadro 6.1. Tipos morfométricos del relieve que pueden existir en cada clase genética

Tipos genéticos del relieve		Tipos morfométricos del relieve				
		Sub-horizontales	Planicies Onduladas	Acolinadas	Lomeríos	Montañas
Marino-litoral	Destructivo	X	X	X	X	X
	Constructivo	X	X	X		
Glaciar	Destructivo	X	X	X	X	
	Constructivo	X	X	X	X	
Biógeno		X				
Lacustre		X				

Cuadro 6.2. Procesos geomorfológicos agradativos o degradativos recientes que pueden existir en cada tipo morfométrico del relieve

Tipos geomorfológicos recientes		Tipos morfométricos del relieve				
		Sub-horizontales	Planicies Onduladas	Acolinadas	Lomeríos	Montañas
Agradativos	Acumulación	X	X	X		
Degradativos	Denudación	X	X	X	X	X
	Erosión		X	X	X	X
	Corrosión	X	X	X	X	X

Cuadro 6.3 Tipos de rocas o depósitos, categorías genéticas del relieve y tipos de relieves

Grupo o Tipo de roca subgrupo o depósito geológico	Categorías genéticas del relieve											
	E	P	T	I	V	Fluvial	Cársico	Eólico	Marino-Litoral	Glaciar	Bió- geno	Lacus- tre
Ígneas extrusivas					X			X	X			
Ígneas intrusivas				X				X	X			
Sedimentarias litificadas no carbonatadas	X		X					X	X			
Sedimentarias químicas carbonatadas	X		X				X	X	X			
Sedimentarias químicas no carbonatadas	X							X				
Sedimentarias Residual no litificadas (depósitos)	X					X	X	X			X	
Palustre										X	X	
Glaciar										X		
Eólico							X	X	X			
Lacustre	X											X

Cuadro 6.3 Tipos de rocas o depósitos, categorías genéticas del relieve y tipos de relieves

Grupo o subgrupo geológico	Tipo de roca o depósito	Categorías genéticas del relieve										Lacustre	
		Endógeno	Modelado	Magnético	Fluvial	Cársico	Eólico	Marino-Litoral	Glaciar	Biógeno			
		E	P	T	I	V		A	D	A	D	A	
Litoral arenoso													
Litoral marino-terrágeno													X
Metamórficas no carbonatadas	Indistinta	X		X						X			
Metamórficas carbonatadas	Mármol	X		X					X				
Tipos de relieve	Planicies	X		X		X		X	X	X		X	X
		X		X		X		X	X	X		X	X
		X		X		X		X	X	X		X	X
		X		X		X		X	X	X		X	X
Rampas de piedemontes	Lomeríos	X		X		X		X	X	X		X	X
	Montañas	X		X		X		X	X	X		X	X

Nota: E = Estructural, P = Plegado, T = Tectónico, D = Denudativo, A = Acumulativo.

BIBLIOGRAFÍA

El lector interesado en profundizar en el marco conceptual puede revisar la obra *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, dentro de esta misma serie, que describe los resultados de una exhaustiva revisión bibliográfica.

- CIG-UACJ. 2005. Paisajes físico-geográficos de las Dunas de Samalayuca, Chihuahua a escala 1:50 000. Centro de Información Geográfica de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México.
- DCB-UJAT. 2006. Paisajes físico-geográficos de la zona costera del Estado de Tabasco a escala 1:250 000. División de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco, México.
- Isachenko, A. G. 1973. *Principles of landscape science and physical geography regionalization*. Trad. R. J. Zatorski. Edit. J. S. Massey, Melbourne, Australia.
- Kalesnik, V. S. 1970. *Regularidades geográficas generales*. Edit. Misl, Moscú.
- Mateo, J. 2002. *Geografía de los paisajes*. Universidad de La Habana, Edit MES, Ciudad de La Habana, Cuba.
- . 1984. *Apuntes de Geografía de los Paisajes*. Imprenta Andre Voisin, Editorial MES, Ciudad de La Habana, Cuba.
- PLADEYRA. 2000. Paisajes físico-geográficos de las cuencas de los ríos Bobos y Solteros, Veracruz a escala 1:100 000. Ordenamiento Ecológico de las cuencas de los

- ríos Bobos y Solteros, Veracruz. Planificación, Desarrollo y Recuperación Ambiental, S.C., Gobierno del Estado de Veracruz, México.
- Preobrazhenskii, V. S. 1966. *Landshaftnyye issledovaniya*. Edit. Nauka, Moscú.
- Priego-Santander, A. G., E. Isunza-Vera, N. Luna-González y J. L. Pérez-Damián. 2003. Tipos morfométricos del relieve de México, a escala 1:250 000. Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. INE, SEMARNAT. http://mapas.ine.gob.mx/est_vertical.htm.
- Salitchev, K. A. 1979. *Cartografía*. Editorial Pueblo y Educación, MES, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Seco, R. 2000. *Geomorfología*. Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana, Editorial MES, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Siebe, C., R. Jahn y K. Stahr. 1996. *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., Publicación Especial 4, Chapingo, México.
- Solntsev, N. A. 1948. El paisaje geográfico natural y algunas de sus regularidades generales. En: *Trabajos de la Segunda Reunión de los Geógrafos Soviéticos*. Editorial de la Universidad Estatal de Moscú, Moscú.
- . 1997. Los paisajes contemporáneos como mecanismos sistémicos de la interacción entre la Sociedad y la Naturaleza. En: *Cambios del medio natural. Aspectos globales y regionales*. Editorial de la Universidad Estatal de Moscú, Moscú.
- Spiridonov, A. I. 1981. *Principios de la metodología de las investigaciones de campo y el mapeo geomorfológico*. Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana, Editorial MES, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Zinck, A. 1986. *Physiography and soils*. ITC, Enschede, Holanda.
- Zonneveld, I. S. 1995. *Land Ecology: an introduction to landscape ecology as a base for land evaluation, land management and conservation*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, Holanda.

*Propuesta para la generación semiautomatizada
de unidades de paisajes. Fundamentos y métodos*
de Ángel G. Priego, Gerardo Bocco,
Manuel Mendoza y Arturo Garrido

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 marzo de 2009

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

Se tiraron 300 ejemplares

