



Gaceta Ecológica

ISSN: 1405-2849

[gaceta@ine.gob.mx](mailto:gaceta@ine.gob.mx)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos

Naturales

México

Bocco, Gerardo; Priego, Ángel; Cotler, Helena  
La geografía física y el ordenamiento ecológico del territorio. Experiencias en México  
Gaceta Ecológica, núm. 76, julio-septiembre, 2005, pp. 23-34  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907604>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# La geografía física y el ordenamiento ecológico del territorio. Experiencias en México

GERARDO BOCCO,<sup>1</sup> ÁNGEL PRIEGO<sup>2</sup> Y HELENA COTLER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA. CORREO-E: GBOCCO@INE.GOB.MX Y HCOTLER@INE.GOB.MX

<sup>2</sup> INSTITUTO DE GEOGRAFÍA DE LA UNAM. CORREO-E: AGPRIEGO@IGIRIS.IGEOGRAF.UNAM.MX

**Resumen.** En este trabajo se describen algunas experiencias, desarrolladas en el INE, vinculadas con la geografía física y la planificación territorial. En primer lugar se presenta brevemente el sustento conceptual de la contribución de la geografía física al proceso de ordenamiento territorial. En segundo lugar, se describen algunas experiencias desarrolladas en términos de: (a) regionalización eco-geográfica; (b) ordenamiento territorial en cuencas fluviales, (c) patrones geográficos del cambio global e indicadores y (d) la cartografía digital, bases de datos y los sistemas de información geográfica. Finalmente se extraen algunas conclusiones a partir de la reflexión alcanzada.

**Palabras clave:** geografía física, planificación territorial, ordenamiento ecológico, política pública, México

**Abstract.** In this paper we describe the use of physical geography as applied to land-use planning in Mexico. First, we briefly address the conceptual framework offered by the discipline in terms of its use in planning. Second, we describe several experiences developed at the National Institute of Ecology. Last, we draw some conclusions dealing with the role of physical geography in the applied realm in Mexico.

**Keywords:** physical geography, land-use planning, public policy, Mexico



## INTRODUCCIÓN

### EL CONTEXTO

La geografía física se encuentra en la etapa de formular significados para el nuevo milenio (véase, por ejemplo, Trudgill y Roy, 2003). Junto con la geografía

humana, la otra porción del saber geográfico, la geografía física se enfrenta al dilema de tener que contribuir, por un lado, a la empresa científica de la

ciencia geográfica, y por otro, de participar en forma activa en los paradigmas integradores vinculados con el desarrollo sustentable. Entre otros, destacan aquí el cambio global y sus implicaciones regionales (desastres, vulnerabilidad), la conservación de la diversidad biológica con base en su distribución territorial, y la planificación del uso del territorio a partir del análisis de paisaje. Si el objetivo de la geografía es, en líneas generales, el comprender cómo los fenómenos están organizados en el territorio, el de la geografía física es determinar por qué los fenómenos naturales presentan patrones territoriales específicos. La naturaleza holística de la geografía, y por ende de la geografía física, es a la vez una fortaleza y una debilidad. La fortaleza radica en la habilidad de vincular relaciones funcionales que no resultan claras para campos monodisciplinarios. La debilidad más obvia es el riesgo a la superficialidad y a no superar, en su actividad científica, el ámbito de la descripción. Además de estudiar los patrones espaciales del clima, formas del relieve y suelo asociado, biota y agua, la geografía física analiza las interrelaciones entre estos fenómenos y las actividades humanas, algo que Pidwirny (2004) ha caracterizado como la vertiente humanista-paisajista (*human-land tradition*) en la disciplina. Este enfoque ha cobrado creciente relevancia debido al sostenido impacto de la actividad antrópica sobre los paisajes y los ecosistemas allí albergados. Así, desde la década de 1950, el campo disciplinario se ha visto controlado por dos tendencias centrales (pero vinculadas entre sí): una eminentemente orientada al análisis de procesos, cuantitativa, y otra más abocada al análisis espacial de la influencia de la actividad humana sobre el ambiente. La planificación territorial (y la modalidad mexicana de ordenamiento ecológico) se enmarcan en esta segunda tendencia, así como la evaluación del impacto ambiental, la vulnerabilidad a los desastres, el cambio de uso del suelo y la deforestación, entre otros.

#### EL ALCANCE DE LA ACTIVIDAD ACADÉMICA

Un indicador de la relevancia de la actividad de la geografía física en la planificación puede ser el número de sitios reportados en Internet que se refieren al tema, tanto en lo que respecta a publicaciones como agencias y universidades. Utilizando un buscador estándar ([www.google.com](http://www.google.com), 2004), el número de sitios reportado fue de algo más de 500,000 (en tanto que para geografía física solamente, la búsqueda arrojó un total de poco más de 2,500,000 referencias). Estos números no son despreciables, si se considera que la búsqueda utilizando, como ejemplo, el tema recursos naturales, de enorme amplitud y alcance, arrojó un total de 7,000,000 de sitios. Aplicando un buscador de tipo científico, la búsqueda arrojó casi 4,300 documentos de diversa índole en revistas especializadas (de los cuales 58 se refieren de manera específica a la contribución de la disciplina a la planificación territorial en revistas indizadas). Este último grupo obviamente no describe toda la actividad de la disciplina, ya que en muchos casos los artículos que resultan de investigación en el tema no incluyen los términos geografía física como palabras clave, o son publicados en revistas no indizadas. Sin embargo, su revisión sugiere algunos patrones interesantes en cuanto al alcance de la actividad, tal y como se describe en estas publicaciones. Si bien la enorme mayoría de los autores son miembros de departamentos universitarios de geografía, en prácticamente todos los casos, publicaron en colaboración con miembros de otros departamentos científicos. Asimismo, la mayor parte de las revistas en que aparecieron estos artículos no son específicamente de geografía física, y más bien corresponden a ámbitos diversos, que incluyen temas tales como estudios rurales, política pública, desarrollo, gestión ambiental, manejo de costas y océanos, y paisaje. Ambas características sugieren que los practicantes de la disciplina operan y colaboran en diversos ambientes científicos, y no

sólo en la matriz geográfica. Éste pareciera ser un rasgo saludable y estimulante.

#### EL PROPÓSITO DE LA CONTRIBUCIÓN

En México la geografía física ha contribuido en forma sistemática a las dos tendencias centrales mencionadas arriba, particularmente desde el ambiente académico, con diversos grados de éxito (medido en términos de las publicaciones internacionales sobre el tema). En lo que respecta al ordenamiento territorial, como política pública, buena parte de los esfuerzos se han plasmado en desarrollos técnicos en diferentes órdenes del gobierno, tanto federal como estatal. Destacan por su magnitud, desde hace al menos diez años, las experiencias en la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), en el marco de los planes de desarrollo urbano y ordenación territorial, y en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), en el marco del ordenamiento ecológico.

En este trabajo se describirán algunas experiencias, desarrolladas en el Instituto Nacional de Ecología (órgano técnico de la SEMARNAT), vinculadas con la geografía física y la planificación territorial. No se intenta analizar en forma exhaustiva las aplicaciones de la geografía física al tema en México. Sólo algunas que permitan ponderar el grado de desarrollo de la disciplina en relación con los aspectos biofísicos del ordenamiento ecológico territorial desde la perspectiva de la política pública ambiental.

El resto del trabajo está estructurado de la siguiente manera. En primer lugar se describe brevemente el sustento conceptual de la contribución de la geografía física al proceso de ordenamiento territorial en México. En segundo lugar, se describen algunas experiencias desarrolladas en términos de: (a) regionalización eco-geográfica; (b) ordenamiento territorial en cuencas fluviales, (c) patrones geográficos del cambio global e indicadores y (d) cartografía digital, bases de datos y sistemas de información geográfica. Finalmente se

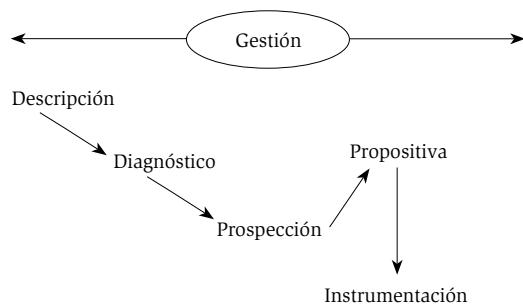
extraen algunas conclusiones acerca de los pasos a seguir a partir de la reflexión alcanzada.

#### LOS APORTES DE LA GEOGRAFÍA FÍSICA AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Durante los últimos 25 años, la huella antrópica en el ambiente mexicano es notoria en el intenso cambio de uso del suelo y subsecuente deterioro: la deforestación ha sido estimada en 545,000 ha/año (Mas *et al.*, 2004); más del 70% de los suelos presenta algún tipo de degradación (Semarnat-Colegio de Posgraduados, 2002); más del 15% de los acuíferos del país se encuentran sobreexplotados, y más del 73% de las aguas superficiales tiene algún grado de contaminación (CNA, 2001). Esta situación sugiere un uso inapropiado de los recursos, los cuales deberían ser aprovechados en forma sustentable. Este proceso supone el ordenamiento ecológico del territorio, que tiene como punto de partida la regionalización biofísica o ecológica del mismo, es decir, la delimitación de espacios geográficos relativamente homogéneos en función del medio físico y biológico (figura 1).

Con la participación de la sociedad y del estado en forma articulada, el objetivo del ordenamiento territorial es garantizar que el uso de los recursos naturales, en un espacio específico, sea armónico y

FIGURA 1. ETAPAS EN EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO EN MÉXICO





duradero en el tiempo. El ordenamiento del territorio es a la vez un proceso técnico, político y jurídico. En México, el ordenamiento ecológico del territorio (que corresponde al ordenamiento ambiental o a la dimensión ambiental de la planificación territorial en otros países de América Latina) está consagrado en una ley general y su reglamento. El manejo integrado de cuencas, por su parte, es también una herramienta de planificación territorial, aunque en México no exista una figura jurídica o administrativa de respaldo. El manejo o gestión integrada de una cuenca fluvial supone planificación. De este modo, ambos procesos son perfectamente articulables a través de la ordenación del uso de los recursos en el territorio que denominamos cuenca fluvial.

La geografía física es una de las disciplinas que ofrece conocimiento científico a los procesos de planificación del territorio. Tal vez el aspecto central de esta contribución sea la perspectiva territorial, espacial, ofrecida por la geografía física, que es esencial al ordenamiento y la gestión de cuencas. Los temas

clave (no los únicos) donde existe un aporte de esta disciplina tienen que ver con la regionalización y delimitación de unidades de paisaje, así como con la evaluación de sus propiedades o atributos (oferta ambiental) y sus limitaciones (riesgos, vulnerabilidad territorial). A continuación describimos algunas aplicaciones concretas de la geografía física, a modo de exemplificar, para la política pública ambiental, el enfoque mencionado.

#### LA REGIONALIZACIÓN. ESCALAS Y APlicACIONES

La integración y el análisis de las unidades espaciales que describen tanto los componentes relativamente estables del terreno (roca, forma del relieve y suelo, en forma integrada), como los menos estables, cuya tasa de cambio en el tiempo es más alta (vegetación y uso del suelo, fauna) sigue siendo tema de reflexión y discusión en el ámbito de la geografía física y, en particular, de la cartografía geomorfológica (Geissert, 1999; Bocco *et al.*, 2001). En ese sentido, son varios los esfuerzos de cartografía de formas del relieve a nivel nacional. Existe el sistema fisiográfico de INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, autoridad censal y cartográfica de México) (Quiñónez, 1987), el cual considera seis niveles jerárquicos; el levantamiento fisiográfico del Colegio de Posgraduados (Ortiz y Cuanalo, 1978), con ocho niveles jerárquicos; la cartografía de unidades geológico-geomorfológicas a escala 1:12,000,000 (Lugo y Córdova, 1990) donde se enfatizan procesos exógenos como modeladores del relieve, y la regionalización geomorfológica de índole genética, desarrollada por Ortiz (1997) bajo el auspicio del INE (ver la base de datos correspondiente en [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)). En la misma dependencia se ha desarrollado cartografía sistemática de algunos índices morfométricos del relieve, que sirven como base, a escala regional, para varios esfuerzos subsecuentes de mapeo de formas del terreno.

## CARTOGRAFÍA MORFOMÉTRICA Y UNIDADES DE RELIEVE

La caracterización morfométrica del relieve es esencial en el conocimiento físico-geográfico de un territorio, en particular aquellos con marcadas diferencias altitudinales. En México, la morfometría se ha utilizado como base para el levantamiento geomorfológico (ver, entre otros, Lugo *et al.*, 1985). Existen más de 30 índices morfométricos del relieve, pero entre ellos tres resultan básicos: el ángulo de inclinación de las pendientes, la disección horizontal y la disección vertical del relieve. Estos tres índices se han cartografiado, para todo México, a escala 1:250,000, a partir del procesamiento de modelos digitales de terreno originados a la misma resolución por INEGI (ver Priego *et al.*, 2003a).

La cuantificación de la inclinación de las pendientes permite zonificar las laderas en forma objetiva, y además resulta un criterio básico para la evaluación de la aptitud territorial (o potenciales naturales), y en la diferenciación de unidades de paisajes.

La disección horizontal es un índice erosivo natural que expresa la densidad de drenaje por unidad de área; permite realizar inferencias sobre el control litológico y los efectos de las precipitaciones en la superficie terrestre. La disección vertical ofrece información valiosa sobre la energía del relieve y la magnitud de las pulsaciones geotectónicas; permite determinar los tipos morfométricos del relieve, lo cual es imprescindible en la elaboración de los mapas de paisajes y en la comprensión de la relación proceso-forma del relieve. Asimismo, se han diferenciado las cuencas hidrográficas y la red de drenaje, a la misma escala. Todo el material está disponible para dominio público vía Internet ([www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)).

El cuadro 1 presenta los resultados de la clasificación morfométrica del relieve mexicano. Esta información facilita la evaluación del relieve con respecto a diferentes actividades socioeconómicas (ver, por ejemplo, el caso de la cuenca Lerma-Chapala en

Priego-Santander *et al.*, 2003b, y consultar las bases de datos en [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)).

El cuadro 2 ofrece criterios de evaluación del relieve para la actividad agropecuaria (con exclusión de los sistemas agrícolas tradicionales) a partir de los cuales se puede valorar una porción del territorio con respecto a esta actividad productiva. Aun cuando tales criterios no fuesen suficientes ni apropiados para todas las porciones del territorio nacional, ni para todos los sistemas productivos, a partir de ellos se puede obtener una primera aproximación susceptible de verificación y profundización.

## LAS UNIDADES DE PAISAJE PARA LA EVALUACIÓN DE APTITUD PRODUCTIVA Y LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Desde un punto de vista biofísico, los paisajes son unidades integrales de la superficie terrestre relativamente homogéneas en su estructura y composición (Mateo, 2002), lo cual hace que sean adecuadas como objetos de evaluación para el ordenamiento ecológico. En México son diversos los ejemplos en que se ha ocupado el mapa de paisajes como base para la zonificación funcional socioeconómica que supone un ordenamiento territorial. PLADEYRA (2000) partió del mapa de paisajes para el ordenamiento territorial de la cuenca del río Filobobos, en Veracruz. Aquí, los paisajes sirvieron de marco geográfico para el cálculo de los potenciales naturales para diferentes actividades socioeconómicas (turismo y ecoturismo, forestal, agrícola y pecuaria). Este procedimiento contribuye a analizar el uso potencial o vocación de uso de una unidad cartográfica en función de sus características y de los requerimientos de uno o varios sistemas productivos seleccionados.

El cuadro 3, sin pretender agotar el tema, lista algunas ventajas y desventajas del empleo de los paisajes para la evaluación de actividades productivas y como base para el ordenamiento ecológico. Quizás, una de las ventajas más valiosas del enfoque de paisajes es que

CUADRO 1. CLASIFICACIÓN MORFOMÉTRICA DEL RELIEVE DE MÉXICO A ESCALA 1:250,000

ÍNDICE MORFOMÉTRICO	RANGO	CLASIFICACIÓN
Disección vertical (m/km <sup>2</sup> )	< 2.5	Llanuras planas
	2.5-5	Llanuras onduladas ligeramente diseccionadas
	5-10	Llanuras onduladas medianamente diseccionadas
	10-15	Llanuras onduladas fuertemente diseccionadas
	15-20	Colinas (llanuras colinosas) ligeramente diseccionadas
	20-30	Colinas (llanuras colinosas) medianamente diseccionadas
	30-40	Colinas (llanuras colinosas) fuertemente diseccionadas
	40-60	Lomeríos ligeramente diseccionados
	60-80	Lomeríos medianamente diseccionados
	80-100	Lomeríos fuertemente diseccionados
	100-250	Montañas ligeramente diseccionadas
	250-500	Montañas medianamente diseccionadas
	500-1000	Montañas fuertemente diseccionadas
	> 1000	Montañas extraordinariamente diseccionadas
Ángulo de inclinación de las pendientes (°)	< 1	Pendientes planas
	1-3	Pendientes muy suavemente inclinadas
	3-5	Pendientes suavemente inclinadas
	5-10	Pendientes ligeramente inclinadas
	10-15	Pendientes ligera a medianamente inclinadas
	15-20	Pendientes medianamente inclinadas
	20-30	Pendientes fuertemente inclinadas
	30-45	Pendientes muy fuertemente inclinadas
	> 45	Pendientes abruptas
Disección horizontal (km/km <sup>2</sup> )	< 0.3	Superficies muy suavemente diseccionadas
	0.3-1	Superficies suavemente diseccionadas
	1-2	Superficies ligeramente diseccionadas
	2-3	Superficies ligera a medianamente diseccionadas
	3-4	Superficies medianamente diseccionadas
	4-5	Superficies fuertemente diseccionadas
	> 5	Superficies muy fuertemente diseccionadas

CUADRO 2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN MORFOMÉTRICA DEL RELIEVE PARA LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA

POTENCIAL	AP (°)	DV (m/km <sup>2</sup> )	DH (km/km <sup>2</sup> )	CARACTERÍSTICAS
Bajo-Medio	< 1	< 2.5	< 0.3	Útil con limitaciones. Desfavorable a la mayoría de los cultivos en zonas bajas con inundaciones periódicas. Necesita obras de drenaje para su uso agrícola. Favorable cuando ocupan zonas elevadas o mesetas.
Muy alto	1-3	2.5-10	0.3-1	Óptimo agropecuario. No existen riesgos de inundación y no se manifiestan los procesos erosivos. Mecanización total. Riego por aspersión y por gravedad. Adecuada tipificación agrícola. Ganadería extensiva y/o intensiva de alta densidad.
Medio-Alto	3-5	10-20	1-2	Útil con limitaciones, pero aceptable para la agricultura y la ganadería. Comienzan procesos erosivos. Se recomienda el riego por aspersión. Pueden presentarse ligeras limitaciones para la mecanización, pero se puede implementar. Breves dificultades para la tipificación agrícola. Puede requerir técnicas antierosivas. Ganadería extensiva de media densidad.
Bajo	5-10	20-60	2-3	Poco favorable. Se incrementan los procesos erosivos. Límite para el roturado anual de la tierra y para los cultivos anuales. Riego únicamente por aspersión. Fuertes limitaciones para la mecanización agrícola. Se incrementan las dificultades para la tipificación de la mayoría de los cultivos y se incrementan los costos de mecanización. Aumenta la necesidad de técnicas antierosivas. Ganadería controlada (estabulada) y de media a baja densidad.
Muy bajo	10-15	60-100 > 100	3-4	Desfavorable. Fuertes procesos erosivos. No se recomienda riego ni mecanización. Muy difícil la tipificación agrícola y a costos muy elevados. Necesita de técnicas antierosivas. Aceptable, únicamente, para cultivos perennes. De no existir otra opción, ganadería muy controlada y de mínima densidad.
Sin potencial agropecuario	> 15		> 4	Uso forestal.

sajes sea el evitar la constante formación de nuevos polígonos que ocurre cuando se acude al análisis por componentes parciales. Una de sus limitaciones es el tiempo requerido para capacitar en forma rigurosa a especialistas en el tema.

En otros casos, se ha utilizado el enfoque denominado Evaluación de Tierras (ver el tema en [www.fao.org](http://www.fao.org)) como una estrategia para analizar qué tanto las características del terreno (medidas en términos de las propiedades de los suelos) satisfacen los requerimientos de sistemas productivos (ver un ejemplo para México en Rosete *et al.*, 2003).

Una de las ventajas que ofrece el enfoque de paisajes es la elevada correlación que presenta la heterogeneidad de los paisajes con la distribución de la biodiversidad. El cuadro 4 resume resultados obtenidos en esta relación para diferentes territorios (Priego, 2004). Este hecho puede ser de gran utilidad

a los propósitos del ordenamiento ecológico, porque no siempre está disponible la información biológica actualizada y confiable sobre la distribución de especies o sus hábitats; en estos casos, el contar con un adecuado pronóstico de su riqueza puede ayudar a la definición de las políticas ambientales de protección y conservación y a la zonificación de las áreas naturales protegidas. Además, conocer las probables áreas de mayor potencial de presencia de especies puede ser un criterio valioso para propósitos de restauración ecológica de hábitats, allí donde no exista información suficiente sobre la distribución de la biodiversidad.

La necesidad de planificar el uso del territorio y sus recursos a escalas más detalladas requirió una cartografía geomorfológica con escalas adecuadas. En la última década se ha multiplicado el número de estudios de regionalización geomorfológica como base para el ordenamiento ecológico regional

CUADRO 3. ALGUNAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LOS PAISAJES COMO BASE PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

VENTAJAS	DESVENTAJAS
§ Sólida concepción teórico-metodológica.	§ Personal especializado para la elaboración del mapa de paisajes; tanto desde el punto de vista teórico de la geografía del paisaje como en el desarrollo de aplicaciones de SIG.
§ Unidad geográfica integral de la superficie terrestre, equivalente a ecosistemas a nivel ecológico.	§ Necesidad de grupos de trabajo transdisciplinarios.
§ Sistema de clasificación taxonómico con una estructura jerárquica, que permite esclarecer la estructura compleja del territorio.	§ Necesidad de insumos sobre todos los componentes naturales para la confección del mapa.
§ Clara distinción entre unidades tipológicas y regionales, así como definición e índices diagnósticos para todas las unidades a cualquier escala de trabajo.	§ Alto consumo de tiempo y de recursos para la elaboración del mapa en comparación con otros enfoques.
§ Unidades areales durante todo el proceso de evaluación y análisis.	§ Leyendas excesivamente grandes, difíciles de simplificar.
§ Definición de todos los componentes naturales en cualquier nivel taxonómico.	§ La representación cartográfica puede ser compleja, ocupando cuando menos, dos o tres métodos de representación; fondo cualitativo, símbolos lineales y símbolos numéricos.
§ Facilita la modelación geográfica como método para la evaluación y zonificación funcional.	

CUADRO 4. RELACIÓN HETEROGENEIDAD DEL PAISAJE-BIODIVERSIDAD PARA DIFERENTES TERRITORIOS

TERRITORIO	ESCALA	SUPRFICIE (km <sup>2</sup> )	RELACIÓN ESTADÍSTICA	
			P	r <sup>2</sup>
Archipiélago de Camagüey, Cuba	1:250 000	1,845	< 0.01	0.82
Cuencas de La Mancha, El Farallón y El Llano, Veracruz, México	1:50 000	154	< 0.01	0.95
Cayo Guillermo, Cuba	1:25 000	13.2	< 0.01	0.96
Reserva de la Biosfera Mapimí, Durango, México	1:75 000	172	< 0.01	0.56
Cuenca Lerma-Chapala, México	1:250 000	53,591	< 0.01	0.81

y local (Bocco *et al.*, 2001; Geissert, 1999; Lopez-Blanco y Villers, 1995). Asimismo, varios de estos trabajos presentan enfoques jerárquicos y proponen estrategias para anidar la información a nivel de semidetalle (1:50,000). Además de la generación de la cartografía geomorfológica, la geografía física, aunada a otras disciplinas, tales como la edafología, ha impulsado el desarrollo de unidades integrales, bien con el enfoque de unidades de terreno (Bocco *et al.*, 2001), unidades morfo-edafológicas (Geissert *et al.*, 1994; Cotler *et al.*, 2002) o de unidades de paisaje físico-geográfico (véase más adelante). Salvando las diferencias que existen entre estas unidades, provenientes de enfoques diferentes, existe un común denominador entre ellas, constituido por el sustento geomorfológico. La constitución integral de estas unidades facilita el conocimiento sobre la distribución de los recursos naturales, su dinámica en el tiempo, la tolerancia del medio a la intervención humana, permitiendo así evaluar la aptitud productiva del territorio así como los conflictos potenciales entre aptitud y uso actual del suelo. Falta, sin embargo, estandarizar los métodos y técnicas para poder arribar a una cartografía geomorfológica de uso múltiple, a escala 1:50,000 o más detallada.

#### EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN CUENCAS FLUVIALES

Un aporte relevante al tema es la contribución en el diseño y elaboración de mapas de paisajes hidrológicos, los cuales han probado ser una base eficaz para la ejecución del balance hídrico. En la elaboración de estos mapas se delimitan las diferentes zonas hidro-funcionales (cabecera, captación-transporte y emisión-confinamiento); a su vez, las mismas se subdividen en unidades inferiores según la tipología de la red de drenaje, la disección horizontal y otros indicadores hidro-morfométricos, tales como la concavidad de la cuenca.

Por ejemplo, PLADEYRA (2000) elaboró el mapa de paisajes hidrológicos para la cuenca del río Filobobos y la delimitación de las zonas de funcionamiento hidrográfico fue uno de los criterios básicos para la definición de usos permisibles y políticas ambientales. Más recientemente, Travieso-Bello *et al.* (2005) evaluaron el potencial natural para la actividad pecuaria en las cuencas de las lagunas La Mancha, El Farallón y El Llano, donde la información sobre zonas funcionales hidrográficas fue igualmente clave.

La definición de las zonas funcionales para el ejemplo de la cuenca Lerma-Chapala (Priego *et al.*, 2003b) resulta un criterio básico para determinar

prioridades de eco-rehabilitación; el mapa de paisajes hidrológicos es el punto de partida para el análisis de fragilidad y deterioro de los recursos hídricos.

#### **LA EVALUACIÓN DE PATRONES REGIONALES DEL CAMBIO GLOBAL**

Otro de los temas destacados en los procesos técnicos para programas de ordenamiento del territorio, muy particularmente en la formulación de pronósticos, es la evaluación de patrones regionales de cambio planetario, así como el monitoreo de las alteraciones a través de indicadores. Si bien la predicción en estos temas es, en términos de exactitud y precisión, poco posible, sí hay espacio para el modelamiento y la formulación de escenarios, asociados a diversos grados de probabilidad.

Uno de los estudios más relevantes es el del cambio de cobertura del terreno como un indicador de cambio de uso del suelo. El INE auspició la elaboración de un análisis a nivel nacional con base en datos preexistentes del periodo 1976-2000 (Mas *et al.*, 2002, 2004). Los resultados permitieron cuantificar patrones no deseados de cambio de uso del suelo, e identificar aquellas zonas prioritarias para su atención por parte de los tomadores de decisiones. Destacan los patrones de pérdida y deterioro de la cubierta vegetal natural y el crecimiento no planeado de ciudades e infraestructura en regiones con escasez en la disponibilidad del recurso agua. Este saber es un insumo para el diagnóstico integrado y la formulación del pronóstico en el ordenamiento ecológico.

Otro proceso que se vincula estrechamente con los patrones regionales del cambio global es la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios. Para ello empleamos técnicas de análisis estadístico (tendencias históricas sobre las temperaturas y precipitaciones), en particular en zonas sujetas a eventos de sequías e inundaciones. Es de particular interés detectar cuál es la contribución de estos eventos al

incremento de la vulnerabilidad de las sociedades, como un insumo clave para el ordenamiento territorial (Esquivel, 2002).

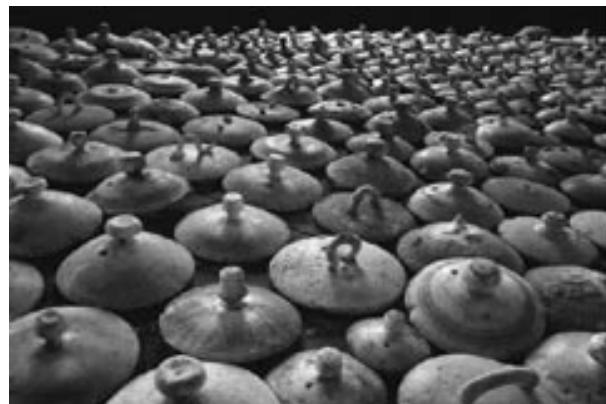
En general, es importante rescatar la contribución de la geografía física a la formulación de indicadores de sustentabilidad. Sobre este aspecto existe una gran cantidad de grupos desarrollando investigación a nivel mundial, y uno de los temas clave es el de las escalas (para medición e integración). Es un desafío trabajar con indicadores en grandes regiones (del orden de los cientos de miles de kilómetros cuadrados), tales como las áreas de posible afectación por megaproyectos de desarrollo (por ejemplo, el Plan Puebla-Panamá en el sur-sureste de México, véase Negrete y Bocco, 2003).

Un último tema que interesa inscribir en esta agenda es el del uso del conocimiento tradicional en el manejo de los recursos naturales, como una estrategia para solventar la falta de datos a nivel de micro-cuencas, en áreas del orden de la decena de kilómetros cuadrados, para las cuales no disponemos de cartografía base ni temática (Bocco y Pulido, 2003). Además de la conveniencia operativa, el uso del conocimiento local en forma sistemática es uno de los pilares de la investigación participativa en manejo de recursos. Aspectos tales como las clases campesinas de relieve, los suelos y la cobertura del terreno, levantadas en campo con los productores rurales, han sido usadas, en forma exitosa, en diferentes ambientes culturales y ecológicos.

#### **CARTOGRAFÍA DIGITAL, BASES DE DATOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

El acervo cartográfico que resulta de las aplicaciones señaladas consta de productos en dos escalas espaciales principales 1:1,000,000 y 1:250,000. Las coberturas de estas bases de datos es nacional y, cuando se trata de análisis de problemáticas concretas, tienen alcance regional. La información debe tener la resolución suficiente

ciente para realizar análisis a nivel regional para diagnósticos y propuestas de manejo ambiental (1:250,000 o mayor). Para facilitar el acceso a estas bases de datos, se diseñó con Arc-IMS (ESRI), una interfase para la publicación de la cartografía por Internet. Toda la base de datos es de dominio público (<http://mapas.ine.gob.mx>) (Esquivel *et al.*, 2004).



### CONCLUSIONES

Las conclusiones sugieren que el desarrollo de la disciplina en México ha alcanzado un grado de madurez importante en términos de sus aplicaciones. Debemos fortalecer el aporte a la cuestión territorial en política pública ambiental. Para ello, creemos importante, jugar un papel más decisivo en el marco de la investigación integrada fuera del ámbito académico de la geografía. En particular, pensamos que la disciplina debe ofrecer un mayor liderazgo en cuestiones tales como el análisis de paisaje (en forma integral, y no sólo desde la perspectiva biológico-ecológica) y la vulnerabilidad regional a los patrones de cambio planetario. En este sentido, se abre una excelente oportunidad para el desarrollo de una agenda compartida entre la academia y los tomadores de decisiones en sentido amplio.

### BIBLIOGRAFÍA

- Bocco G., M. Mendoza y A. Velázquez. 2001. Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping- a tool for land use planning in developing countries. *Geomorphology* 39:211-219.
- Bocco, G. y J. Pulido. 2003. Geomorphologic and landscape wisdom. Managing slopes through local knowledge. En Trudgill, S. y A. Roy. *Contemporary meanings in Physical Geography*. Arnold, Londres, pp. 109-209.
- Comisión Nacional de Agua. 2001. *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006*. CNA, SEMARNAT, México, 121 pp.
- Cotler H., E. Durán y C. Siebe. 2002. Caracterización morfo-edafológica y calidad de sitio de un bosque seco caducifolio. En: R. Ayala, F. Noguera (eds.). *Historia Natural de Chamela*. UNAM, México.
- Esquivel, N. 2002. Lluvia y sequía en el Norte de México: un análisis de la precipitación histórica en Chihuahua. *Gaceta ecológica* 65: 24-42.
- Esquivel N., G. Cuevas y G. Bocco. 2004. Supporting Environmental and Natural Resources Management. The National Institute of Ecology of Mexico. *GIM International* 18(4): 69-71.
- Geissert, D. 1999. Regionalización geomorfológica del estado de Veracruz. *Investigaciones Geográficas* 40: 23-47.
- Geissert, D., D. Dubroeucq, 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, Veracruz.
- 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.
- Lugo, J., M.A. Ortiz, J.L. Palacio y G. Bocco. 1985. Las zonas más activas en el Cinturón Volcánico Mexicano (entre Michoacán y Tlaxcala). *Geofísica Internacional* 24(1): 83-96.

- Lugo, H. J. y C. Córdova. 1990. Regionalización geomorfológica de la República Mexicana. *Investigaciones Geográficas* 25: 25-63.
- Mas, J.F., A. Velázquez, J.L Palacio, G. Bocco, A. Peralta y J. Prado. 2002. Assessing forest resources in Mexico: wall-to-wall land use/cover mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 68: 966-968.
- Mas, J.F., A. Velázquez, J. Reyes, R. Mayorga-Saucedo, C. Alcántara, G. Bocco, R. Castro, T. Fernández y A. Pérez-Vega. 2004. Assessing land use/cover changes: a nationwide multideate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5(4): 249-338.
- Mateo, J. 2002. *Geografía de los paisajes*. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana. MES, 194 pp.
- Negrete, G. y G. Bocco (comps.). 2003. Datos y bases de datos para la evaluación del impacto de la política pública en el Sur-Sureste de México. INE-SEMARNAT. México.
- Ortiz, M. 1997. Regionalización Ecológica 1:4,000,000 y compatibilización de leyendas niveles III, IV, V. Informe técnico realizado para el Instituto Nacional de Ecología, México ([www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)).
- Ortiz-Solorio A.C. y E.H. Cuanalo de la Cerda. 1978. *Metodología del levantamiento fisiográfico. Un sistema de clasificación de tierras*. Colegio de Posgraduados de Chapingo, México, 85 pp.
- Pidwirny, M. 2005. Introduction to Physical Geography. [www.physicalgeography.net/fundamentals/1a.html](http://www.physicalgeography.net/fundamentals/1a.html).
- Priego-Santander, A., E. Isunza-Vera, N. Luna-González y J.L. Pérez-Damián. 2003a. Mapas de Cuencas Hidrográficas, Ángulo de la Pendiente, Red de Drenaje y Disección Vertical de México a escala 1:250 000. INE, <http://mapas.ine.gob.mx/webite/cuencas>.
- Priego-Santander, A., H. Morales, A. Fregoso, R. Márquez y H. Cotler. 2003b. Diagnóstico biofísico, pp: 13-84. En: Diagnóstico bio-físico y socio-económico de la cuenca Lerma-Chapala. INE, Dirección General de Investigación en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas, 285 pp. [www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/dag\\_lerma\\_chapala.pdf](http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/dag_lerma_chapala.pdf).
- Priego-Santander A., J.L. Palacio-Prieto, P. Moreno-Casasola, J. López-Portillo y D. Geissert. 2004. Heterogeneidad del paisaje y riqueza de flora: Su relación en el archipiélago de Camagüey, Cuba. *Interciencia* 29 (3): 138-144.
- Quiñónez, G.H. 1987. El sistema fisiográfico de la Dirección General de Geografía. *Revista de Geografía* 1(2): 13-20.
- Rosete, F., Sánchez, J. y G. Bocco. 2003. El sistema automatizado de evaluación de tierras. En: A. Velázquez, A. Torres y G. Bocco (comps.). *Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales*. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. pp. 437-472. (Disponible en [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)).
- SEMARNAT-Colegio de Posgraduados. 2002. *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000*. Memoria Nacional, SEMARNAT-Colegio de Posgraduados, 58 pp.
- Travieso-Bello, A., P. Moreno y A. Campos. 2005. Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales trasformados a pastizales. *Interciencia*. 30(1): 12-18.
- Trudgill, S. y A. Roy. 2003. *Contemporary meanings in Physical Geography*. Arnold, Londres.

---

Este artículo se recibió en noviembre de 2004. El texto revisado se aceptó el 20 de junio de 2005.  
Las imágenes son de Helyn Davenport y Thomas Barbèy.