

La investigación socioambiental que se desarrolla actualmente en México y otros países de América Latina, es resultado de la confrontación de los paradigmas dominantes en ciencias naturales —con el consecuente y paulatino abandono de los conceptos reduccionistas— y la acogida de aquellos relacionados con la complejidad, lo interdisciplinario y posmoderno.

En México, esta investigación —que puede considerarse incipiente en algunos ambientes académicos, y marginal en relación con las instituciones científicas oficiales— está buscando una creciente formalización en la estructuración de modelos heterodoxos basados en experiencias concretas, especialmente —aunque no sólo— en el medio rural, en zonas de pobreza y de marcada etnicidad, sin por ello renunciar a su rigurosidad científica.

Temas como sustentabilidad, y parámetros para medirla; deforestación, y su monitoreo e implicaciones socioambientales; cambio del uso del suelo, y su causalidad natural y social; dimensiones sociales del cambio global (a nivel regional); impacto ambiental, y modelos para medirlo; ordenamiento territorial y los conceptos y modelos necesarios, están en el centro del interés académico, tanto teórico como en experiencias concretas de manejo de los recursos.

A juzgar por recientes textos de Levin, Brown y McLeod, entre otros, la investigación en ecología tendería a establecer vínculos entre los aspectos más “duros” de la ciencia y la toma de decisiones. En este contexto, el tema de las escalas (espacio-tiempo) está recibiendo cada vez mayor importancia, en especial a partir de los años 90. Sin embargo, ha estado presente en los enfoques de los geógrafos de recursos naturales y ecólogos del paisaje como parte integral de sus preocupaciones desde mediados de este siglo.

EL ESPACIO Y EL TIEMPO

El concepto de escala denota la resolución dentro del intervalo de una cantidad medida. En otras palabras, se refiere a la dimensión espacial o temporal de un sistema. Esta

idea vale para lo espacial y lo temporal; de allí la conveniencia de manejar ambas como componentes inseparables en investigación socioambiental. Lo espacial y lo temporal son inherentes a los temas objeto de la preocupación socioambiental. Por lo tanto, las escalas (o bien las resoluciones espacial y temporal) deben formar parte de las condiciones de contorno de los sistemas en estudio.

Los procesos socioambientales ocurren en un territorio específico; buena parte de la comprensión de su naturaleza tiene que ver con los cambios en el tiempo (estacionales, anuales o de largo plazo). La dimensión espacial es básicamente abordada desde la geografía, y la temporal es más bien interés de los ecólogos, pero se trata de una diferenciación artificial y no refleja un concepto profundo.

Lo temporal es un ingrediente en el modelamiento de situaciones hipotéticas (o bien ocurrencias probables en el futuro), y el proceso de investigación por el cual podemos atacarlo es la detección del cambio y el monitoreo. La diferencia entre uno y otro es que el monitoreo (o seguimiento) supone algún tipo de modelo explicativo. El enfoque que suele denominarse globalmente como multitemporal.

Una herramienta fundamental para abordar la cuestión temporal es el análisis estadístico de datos temporales.

Un simple promedio, acompañado de alguna indicación de la variabilidad de los datos, puede ser una buena indicación del cambio temporal, por ejemplo, de algún parámetro meteorológico. Otras herramientas más complejas incluyen las series y el análisis probabilístico de ocurrencia de eventos extraordinarios.

Para la cuestión temporal, otra herramienta básica es el uso de imágenes obte-

nidas mediante la percepción remota, correspondientes a diferentes épocas del año o a diferentes años. Para ello es preciso organizar las imágenes (o mapas) para ser comparadas según el mismo sistema de referenciación espacial, por ejemplo coordenadas geográficas. Además, es preciso considerar el problema de la resolución espacial para poder desarrollar la



Mapa de Tetela, 1581.

comparación temporal. La escala, por un lado, debe ser homogénea entre los datos a ser comparados. Por otro, la resolución debe ser la adecuada. De lo contrario, los objetos a ser comparados pueden estar bien generalizados (y por lo tanto agregados en clases inconvenientes), o bien demasiado representados espacialmente.

De igual modo se utilizan índices —basados en mediciones de las respuestas es-

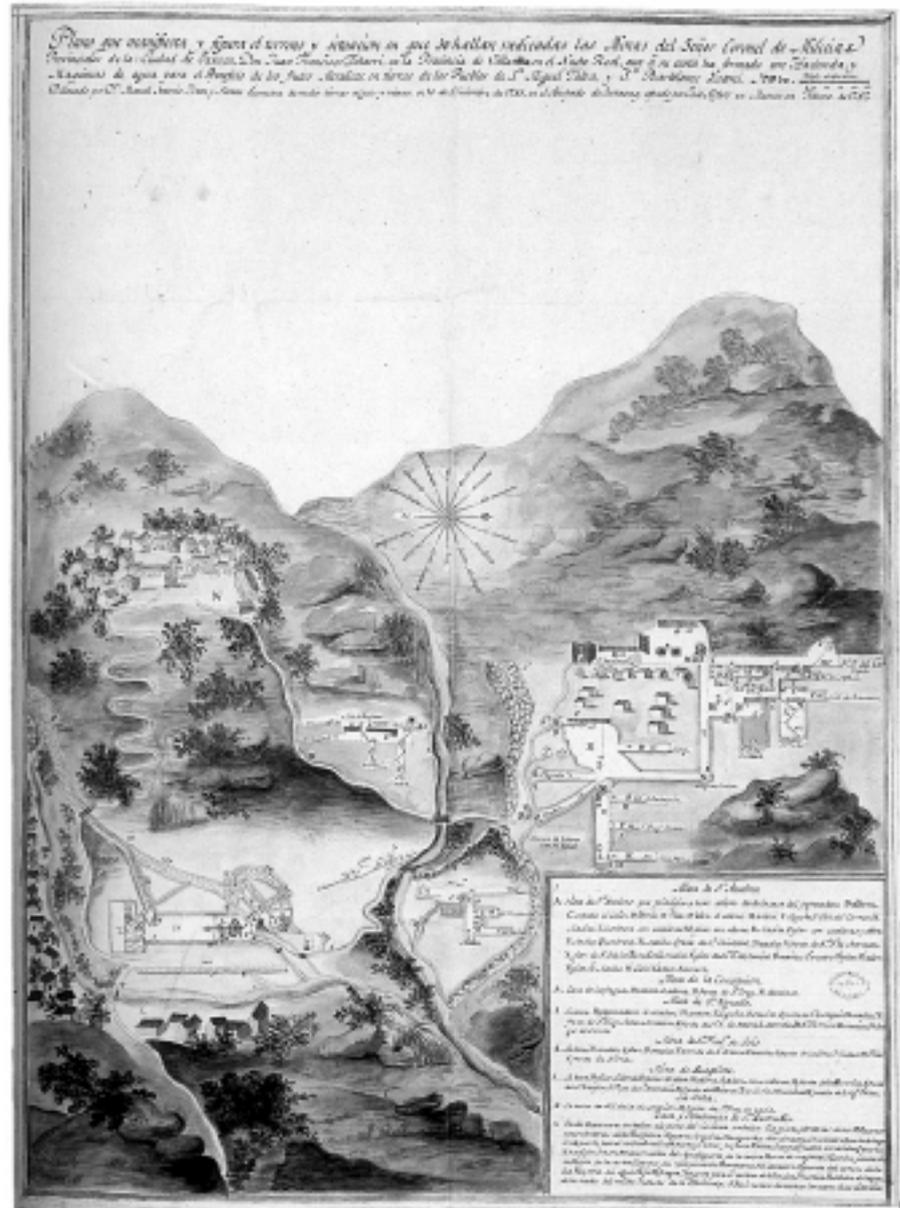
pectrales— que describen la variación en el tiempo de la cobertura vegetal o de las características de los océanos o de masas de hielo.

Lo espacial es el otro ingrediente relacionado con la resolución de las investigaciones. Es relativamente más estático que el anterior, pero igualmente poderoso en el modelamiento de situaciones donde la distribución de objetos de estudio es relevante en la explicación y predicción de su ocurrencia. Esto es básico en temas relacionados con los recursos naturales y su aprovechamiento y degradación en forma sustentable y no.

El enfoque fundamental para abordar lo espacial es el análisis geográfico y su lenguaje, la cartografía. En la actualidad, estos conceptos se ven complementados por los sistemas automatizados de información geográfica. La generación del dato se basa en buena medida en los sistemas de percepción remota: interpretación de fotografías aéreas, imágenes de video o de satélite.

Lo espacial supone el manejo de entidades geográficas —puntos, líneas o polígonos— organizados en un sistema de coordenadas conocido, y su utilización en la formulación de modelos espaciales —mapas, en general automatizados— y el análisis espacial: vecindad, proximidad, adyacencia, sobreposición, generalización y clasificación, etcétera. La complejidad de los problemas que se analizan requiere aproximaciones sucesivas, esto es, del trabajo a varias escalas: de lo general a lo particular, de lo macro a lo micro (y viceversa), de la interpolación a la extrapolación. Este enfoque se denomina multiescalar, y en general va acompañado de un conjunto de documentos integrados a lo largo de una dimensión espacial.

La definición precisa de las escalas es tan importante como (y una función de) el objeto y los objetivos de estudio. Así, un error es similar a un yerro en la selección de métodos y técnicas. La escala es una proporción (de realidad a modelo), pero también representa un cierto nivel de conceptualización del problema. Bue-



Real de Minas de San Miguel Teicua, 1785

na parte de los problemas en la investigación de paisajes radica en la incorrecta selección de escalas y los documentos (mapas, fotos, censos...) que de ella se desprenden.

UNA RELACIÓN INTEGRAL

Lo temporal no implica naturalmente cambios graduales, paulatinos y mucho menos lineales. Un promedio puede ser un valor carente de significado. Los cambios espaciales pueden ser casi imperceptibles de año a año, pero responder a al-

gún estímulo que desencadene un proceso en forma exponencial.

La relación entre la red de drenaje (es decir, el conjunto de ríos y/o arroyos) de una localidad y los eventos de precipitación-escorrimento que la generan, puede ser un ejemplo de lo anterior. Esta red hidrográfica resulta de la suma de la actividad que, año con año, el escurrimento y las corrientes ejercen sobre las laderas y los valles. Cuando se producen eventos extraordinarios, esa red no puede contener ni evacuar la cantidad de agua que se concentra rápidamente, en especial

en zonas semi-áridas de alta torrencialidad. En esos casos se producen inundaciones, pues los cauces no pueden transportar el caudal, y consecuentes deslaves.

La forma de analizar el problema es manejar la escala temporal desde la perspectiva de eventos de recurrencia muy baja. Es decir, revisar la frecuencia de la ocurrencia de eventos de gran magnitud y, por lo tanto, baja probabilidad de ocurrencia anual. La dimensión espacial, y su resolución, debe ser lo suficientemente detallada para representar la red de drenaje, las formas del relieve correspondientes (lechos menor, mayor, planicies de inundación, terrazas...) y las posibles manifestaciones de los eventos extraordinarios de precipitación en las laderas (remoción en masa, inundaciones).

Aunque resulte obvio, este tipo de reflexiones es crítico en el ordenamiento de uso de suelo —tanto urbano como rural—, el aprovechamiento de sus recursos naturales y la planificación de las actividades productivas.

LOS PLANES DE MANEJO

La realización de un plan integral del manejo de los recursos naturales disponibles para una comunidad específica supone el conocimiento de los aspectos espacial y temporal de tales recursos. En otras palabras, se deben conocer su historia, la dinámica de su desarrollo y aprovechamiento, y su arreglo o disposición en el espacio comunitario. Supone también que se contemple tanto el uso como la conservación de la diversidad biológica, paisajística y cultural en el grupo.

Para ello, es preciso usar el dato geográfico, un descriptor del objeto en estudio en el espacio y el tiempo. El dato geográfico se mide según rangos, y dentro de ellos, de acuerdo con ciertas resoluciones. Los datos geográficos son de índole tanto biofísica (ecogeográfica) como socioeconómica y cultural. Los datos geográficos nos permiten describir en forma integral los recursos naturales de una comunidad, sus usuarios y el resultado de este aprovechamiento. El análisis se realiza en un eje temporal espe-

cífico, de manera que el dato geográfico se evalúa en su dinámica de cambio.

Los datos geográficos expresan, en forma computarizada, la relación que en toda comunidad existe entre la oferta ambiental y la demanda social en un tiempo y espacio determinados.

Las herramientas disponibles para poder desarrollar planes integrales de manejo son de índole bien conceptual o bien técnica. Las primeras se refieren a las unidades paisajísticas (ecogeográficas) necesarias para: 1) almacenar el conocimiento acerca de la distribución de los recursos naturales; 2) evaluar la aptitud productiva del territorio; 3) evaluar los conflictos potenciales entre aptitud y uso actual. Así, estas unidades permiten organizar espacialmente a la comunidad un proceso que se conoce como ordenamiento territorial, y que opera como elemento fundamental del plan de manejo integral comunitario.

Las herramientas técnicas se refieren al conjunto de procedimientos que sirven para observar y monitorear los recursos naturales, así como al-

los sistemas de percepción remota, en forma integrada, son herramientas para crear y manipular datos geográficos.

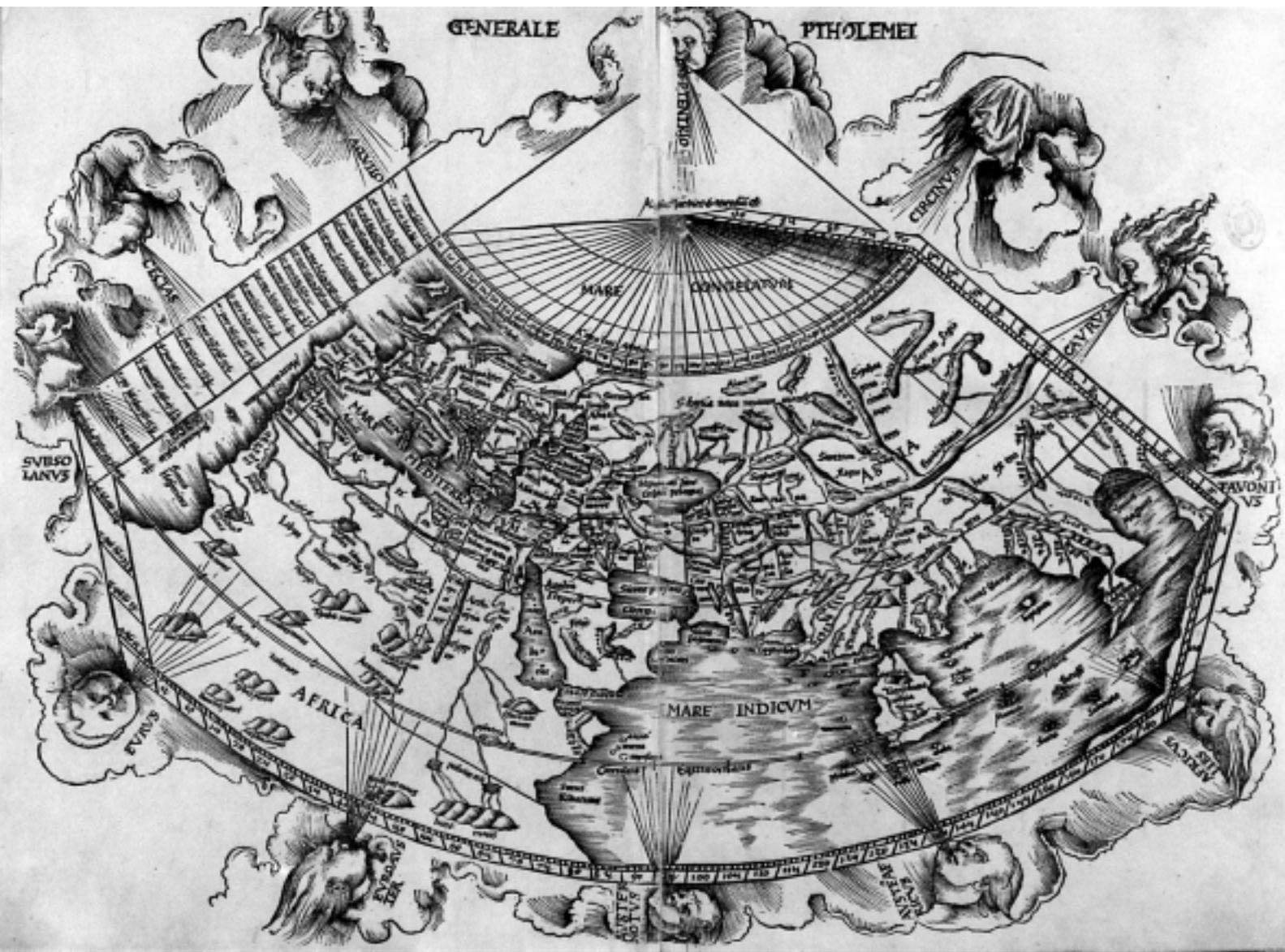
Un plan integral de manejo de los recursos naturales de una comunidad específica, debe partir de conocer su historia, la dinámica de su desarrollo y aprovechamiento, y su arreglo o disposición en el espacio.

macenar y analizar el resultado de estas observaciones. En otras palabras, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y

En este contexto, los SIG permiten el manejo de una gran cantidad y variedad de datos abióticos —rocas, formas del



Santo Domingo, 1619



Geographiae opus novissima, 1513

relieve y suelos—; bióticos —flora y fauna—; socioeconómicos —capital demográfico, producción, circulación y consumo de bienes—, y culturales —cosmovisión comunitaria, toponimia, etnoconocimientos. Buena parte de los datos existen en formato analógico o digital (mapas, censos, encuestas...) que en México son elaborados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Otros datos deben ser creados especialmente por la comunidad. Para ello se recurre a técnicas de interpretación de fotografías aéreas y/o de imágenes obtenidas desde satélites.

Las unidades ecogeográficas tienen por base las unidades de roca, relieve y suelos, que describen los resultados de los cambios topográficos: rupturas de pendiente, cambios de altitud, en términos de las formas de relieve, la hidrología de las laderas y desarrollo de suelos resultantes. A estas unidades geomorfológicas se deben ligar las unidades de vegetación y hábitats de fauna, para así configurar unidades integrales, biofísicas, de paisaje. Estos procesos de integración se realizan en el marco del SIG, con apoyo en trabajo de campo y percepción remota.

Estas son las unidades básicas que se evalúan en términos de su aptitud. Al proceso lo conocemos como *evaluación de tierras*, y se realiza para diferentes sistemas productivos (agrosilvopastoriles), seleccionados por la comunidad. Cada unidad tendrá un cierto grado de aptitud para uno o más sistemas productivos. El proceso desemboca en la definición de unidades no sólo biofísicas sino productivas.

Estas son las unidades de manejo comunitarias y representan la última etapa del análisis ecogeográfico puesto en práctica en un SIG. Son parte básica de la información para la toma de decisiones co-

munitarias generadas en un SIG, y constituyen uno de los ejes fundamentales de los planes integrales de manejo comunitarios.

UN EJEMPLO: LA DEFORESTACIÓN

La deforestación es uno de los temas que mayor atención ha concitado en cuanto a la investigación de índole socioambiental. Es un caso específico del cambio en el uso del suelo, cuestión fundamental que requiere atención especial en lo espacial y temporal. De por sí, en el proceso de deforestación se presupone el uso de lo espacial y lo temporal, ya que el cambio de, por ejemplo, bosque a otro tipo de cobertura se da en ecosistemas que ocupan unidades territoriales específicas (paisajes), y surge de la comparación entre dos tiempos concretos (tiempo 0 y tiempo 1).

La explicación de este proceso —que tiene importantes consecuencias en la dinámica de los ecosistemas afectados— es de índole social. Sólo en circunstancias muy específicas puede deberse a procesos de cambio no antrópico (a lo largo de dimensiones geológicas, por ejemplo). Es decir, sólo podemos entender la deforestación si analizamos procesos en tiempos distintos, en un territorio, pero debido a procesos que pueden haberse originado en otros espacios, in-

cluso muy alejados de aquél en estudio. El proceso de *ganderización* en su conjunto responde a iguales causas. Así, lo espacial-temporal es inherente a este proceso de cambio.

En la deforestación, como en otros temas similares, la escala de tiempo que nos interesa es la antrópica o agronómica. Es también la que podemos medir, con cierta confianza, utilizando técnicas convencionales con diferentes grados de precisión. En cuanto a lo espacial, poder relacionar las áreas de cambio con los paisajes a los que corresponden, nos permite en-

Los procesos socioambientales ocurren en un territorio específico; buena parte de la comprensión de su naturaleza tiene que ver con los cambios en el tiempo.

tender las repercusiones sobre otros componentes del paisaje (el agua, por ejemplo), predecir patrones futuros, e incluso extrapolar conclusiones a otras regiones ecogeográficamente similares.

El manejo del recurso forestal y su cambio en tiempo, puede empezar con la descripción de la zona ecogeográfica (por ejemplo, bosque templado en terrenos volcánicos a nivel regional: la meseta tarasca), para luego describir la problemática a nivel de un municipio o comunidad, y finalmente estudiar el aprovecha-

miento de bosque en una parcela. El primer nivel requeriría de imágenes de satélite y mapas al 1:250,000 (donde un cm en el mapa representa 2.5 km en la realidad); el segundo de fotos aéreas y mapas al 1:50,000 (donde la relación es de 1 cm a 500 m); finalmente, el tercero requeriría de un plano detallado, con levantamiento topográfico sobre el terreno (1 cm igual a 10 ó 20 m). Este tratamiento puede hacerse doblemente complejo analizando, además, los cambios de la cobertura forestal en el tiempo. En estos casos el uso de sistemas computarizados es casi imprescindible.

CONSIDERACIONES FINALES

Quedan planteados algunos temas centrales en torno a la cuestión socio-ambiental y sus escalas espacial y temporal. Las herramientas e instrumentos para las mediciones requeridas están bien establecidos técnicamente. Existen diferentes métodos para representar y medir cambios en el tiempo y el espacio. El problema central es más bien qué variables medir, con qué resolución y cuál es la precisión esperable. Ello condicionará las conclusiones que puedan derivarse de los estudios de monitoreo en espacios y tiempos concretos, y la alimentación de modelos relacionados con los cambios planetarios y sus implicaciones en espacios regionales, a corto y mediano plazos.

Este artículo se basa en una ponencia presentada ante el Diplomado "Problemáticas ambientales desde la perspectiva del género", dentro del curso-seminario "La dimensión humana del cambio ambiental global desde la perspectiva del género". Se agradece la invitación de la maestra María Fernanda Paz para participar en el diplomado.

Gerardo Bocco

Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México (Unidad Académica Morelia)

Bibliografía

- Bak, P. 1996. *How Nature Works. The Science of Self-Organized Criticality*. Springer-Verlag. Nueva York.
- Bocco, G., R. Sánchez y H. Riemann (1993). "Evaluación del impacto de las inundaciones en Tijuana" (enero

1993). Uso integrado de percepción remota y sistemas de información geográfica. *Revista Frontera Norte*. 10(5):53-83.

- Brown, J.R. y N.D. MacLeod. 1996. "Integrating Ecology into Natural Resource Management Policy". *Environmental Management*. 20(3):289-296.
- Funtowicz, S.O. y J.R. Ravetz (1991). "A new scientific methodology for global environmental issues". En R. Constanza (ed.). *Ecological Economics*:137-152. Columbia University Press. Nueva York.
- Goudie, A. 1994. *The Human Impact on the Natural Environment*. The MIT Press. Cambridge, Mass.
- Huggert, R.J. 1995. *Geocology. An Evolutionary Approach*. Routledge. Londres.
- Joly, A. 1988. *La cartografía*. Oikos-Tau. Barcelona.
- Leff, E. y J. Carabias (coord.). 1993. *Cultura y manejo sus-*

tentable de los recursos naturales. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades. UNAM. México.

- Levin, S.A. 1993. "Science and sustainability". *Ecological Applications*. 3(4).
- Lira, J. 1987. *La percepción remota: nuestros ojos desde el espacio*. FCE. México.
- Ludwig, D., R. Hilborn y Carl Walters. 1993. "Uncertainty, resource exploitation and conservation: lessons from history". *Science*. 260:17, 36.
- Paz, M.F. (coord.). 1995. *De bosques y gente. Aspectos sociales de la deforestación en América Latina*. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. UNAM. Cuernavaca.
- Toledo, V.M. 1989. *Naturaleza, producción, cultura. Ensayos de ecología política*. Universidad Veracruzana. Xalapa.