¿Cuánto hemos cambiado?
Análisis geoespacial del territorio nacional

CARLOS ZERMEÑO BENÍTEZ

Este año celebramos el aniversario 18 de esta revista, la cual nace acertadamente a partir de un grupo de ciudadanos interesados por la vida política y cultural de México, que emana desde una sociedad cambiante que refleja la condición dinámica del país. Y no estaban equivocados, de 1991 a la actualidad, nuestra nación, desde muchos puntos de vista, incluido el geográfico y objeto de este espacio, ha experimentado cambios; algunos han abonado al desarrollo económico, social y ambiental, pero otros, por el contrario, han sido en detrimento de la riqueza biológica que nos caracteriza a nivel mundial.

El territorio también ha experimentado y sufrido cambios que han dejado una impronta que, como cicatrices, marcaron de por vida y han puesto de manifiesto experiencias adquiridas en los últimos veinte años. A través del análisis del paisaje y de la cubierta de la tierra es posible conocer los impactos de la acción del hombre sobre el medio físico.[1]

La muestra más conocida son las transformaciones que el paisaje mexicano ha experimentado de la última década del siglo XX a la fecha, en los bosques, selvas y matorrales transformados en zonas agrícolas, agostaderos, asentamientos humanos; zonas agrícolas abandonadas y convertidas en eriales, grandes extensiones de agua disminuidos en ocasiones a su mínima expresión; manglares u otro tipo importante de humedal sustituido por complejos turísticos o por actividad acuícola, sólo por mencionar algunas, y todas en aras del desarrollo económico y productivo del país.

De las transformaciones del territorio

Entre 1990 y 2005, la población aumentó de 81.1 a 103.3 millones de habitantes, es decir, poco más de 27%. En términos de la distribución de la población por tamaño de localidad en 1990, de los poco más de 81 millones de mexicanos, el 71% se concentraba en localidades con más de 2 500 habitantes, mientras que en 2005 este tipo de localidades albergaba a 76%. En cuanto a las localidades, en México se presentan dos tendencias muy marcadas: el crecimiento de las grandes ciudades y también el aumento en la cantidad de las localidades pequeñas, particularmente las menores de 100 habitantes. La población sigue dos tendencias un tanto diferentes a las localidades: la población urbana se ha incrementado, y la población rural ha disminuido, no obstante el aumento en el número de las localidades rurales.[2]

Los asentamientos humanos de cualquier tipo, entre 1985 y 2007 han incrementado su superficie aproximadamente de 2 005 kilómetros cuadrados a casi 16 150, un incremento más que significativo.

En 1990, la configuración político-administrativa de nuestro país incluía 2 402 municipios y hoy existen 2 456, es decir, 54 municipios más, lo cual impacta en la gestión pública del uso, aprovechamiento y explotación del territorio y sus recursos naturales.

En 1989, las masas boscosas, la vegetación arbórea de origen septentrional de regiones de climas templado y semifrío, propias de las regiones montañosas del país, cubrían un 17% del territorio, es decir 341 297 km^2, de los cuales más de 12 mil se han transformado en áreas que hoy albergan diferentes usos del suelo (pecuario, agrícola o algún tipo de asentamiento humano); con frecuencia la tala selectiva de árboles enmascara el impacto que tiene sobre el bosque, ya que diferentes especies de plantas que forman parte de los elementos originales de estas comunidades vegetales se ven beneficiadas y su desarrollo prospera de tal manera que lo que antes fue un bosque primario se convierte en una "vegetación secundaria", generalmente en perjuicio de la biodiversidad; otro proceso de transformación es la pérdida total de este tipo de vegetación debido a los incendios forestales.

Las selvas, formadas también por vegetación arbórea de origen meridional generalmente de climas cálido, húmedo, subhúmedo y semiseco, son comunidades vegetales de gran complejidad en su estructura y composición florística, características que las mantienen en calidad de ecosistemas frágiles y vulnerables. Este tipo de vegetación en 1989 arropaba al 20% del territorio (382 027 km^2 de selvas), hoy sólo un 85% mantiene condiciones selváticas con algún grado de conservación (en su mayoría condiciones secundarias) y el resto han sido transformados en potreros, áreas agrícolas, industriales y urbanas.

Es necesario aclarar que una "vegetación primaria" es aquella que se desarrolla sin sufrir el impacto de algún agente externo, ya sea de origen antrópico o natural, por ejemplo los bosques templados de oyamel presentes en las laderas del volcán Popocatépetl. La "vegetación secundaria" es la que se desarrolla a manera de sucesión después de la presencia o acción de cualquiera de los agentes mencionados, por ejemplo la vegetación herbácea o arbustiva que crece después de un incendio forestal.

Los matorrales, pese a que se distribuyen principalmente en las zonas áridas y semiáridas del centro-norte y noroeste del país, no han escapado a la presión que el ser humano ha ejercido durante los últimos veinte años; éstos se extendían hasta ocupar un 31% del territorio y hoy en día 33 260 km^2 se han convertido en áreas cuyo uso está dedicado a la ganadería, como pastizales cultivados, a la agricultura principalmente de riego, así como el establecimiento de asentamientos humanos.

Otro tipo de ecosistema que también se ha transformado a lo largo de las últimas dos décadas son los pastizales, vegetación herbácea dominada por pastos o zacates y algunos arbustos que, en condiciones naturales, se desarrollan debido a la interacción de ciertos tipos de clima, suelo y biota, estos son más extensos en las regiones semiáridas con suelos profundos y de clima templado en el norte de México. Pese a lo que pudiera pensarse, este tipo de vegetación alberga a una cantidad importante de especies de reptiles, mamíferos y aves, muchas de ellas listadas como especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo de extinción, tales como el berrendo (*Antilocapra americana*), el bisonte americano (*Bison bison*), el perrito de las praderas mexicano (*Cynomys mexicanus*), este último endémico. Aun cuando la escasa densidad poblacional y distribución geográfica de estos ecosistemas permite de alguna manera su conservación, es importante identificar los retos que deben ser abordados para asegurar la integridad ecológica y viabilidad de los pastizales.

Con menor extensión, pero igual de importantes desde el punto de vista ecológico y paisajístico, hay en nuestro país ecosistemas especiales como los humedales que, de acuerdo con la definición del convenio Ramsar (1971), son zonas de pantanales, turberas o superficies recubiertas de aguas naturales o artificiales, permanentes o temporales, con agua estancada o corriente, ya sea dulce, salobre o salada, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad con marea baja no exceda de seis metros. Esta definición de humedales da cabida a una gran cantidad de ambientes entre los cuales destacan las lagunas costeras, los manglares, los estuarios, pantanos e incluso arrecifes. Existen también humedales producto de la intervención humana, tales como presas, lagos artificiales, canales y estanques para acuacultura. En palabras de Francisco J. Flores, investigador del Instituto de Ciencias del Mar de la UNAM: "Los humedales tienen una elevada producción pesquera, son refugio de flora y fauna silvestres y brindan una gran cantidad de servicios de gran valor para la sociedad. Actúan como fuentes de agua, sistemas de recarga del manto freático, filtros biológicos, fuentes de energía, barreras contra huracanes y protección de las costas. Los humedales han resultado también muy eficientes para remover nitrógeno y fósforo así como metales pesados de aguas contaminadas. Por último, el turismo asociado a los humedales se ha traducido en una de las principales fuentes de ingresos en muchos países". Aun con lo importante de este tipo de ecosistema, se considera que en los últimos veinte años se ha perdido el 12% de su superficie, convirtiéndose en su mayoría en complejos turísticos y de acuacultura.

La frontera agrícola es un elemento del paisaje mexicano que no escapa a nuestra vista, aproximadamente 17% de la superficie continental mexicana. Entre 1989 y 2007 la agricultura de temporal, la cual se desarrolla prácticamente en todo el territorio y en casi todas las condiciones ecológicas terrestres, contaba con una extensión aproximada de 188 626 km^2 y aumentó en un 18% en este periodo, obviamente y por razones recíprocas en detrimento de ecosistemas como bosques, selvas, mato-

rrales, entre otros. También se registra una productividad muy variable, de baja a escasa, en las regiones áridas y semiáridas del país, en contraste con la regiones húmedas en el sur-sureste.

De la misma manera, la agricultura de riego, la cual se lleva a cabo generalmente mediante dos técnicas: irrigación por gravedad, con agua almacenada en presas y bordos o por bombeo de aguas subterráneas, localizada principalmente en las planicies costeras del noroeste (Baja California, Sonora, y Sinaloa y noreste de la República en Tamaulipas, cerca de las desembocaduras de los principales ríos de estas regiones y en el altiplano, El Bajío, la Comarca Lagunera y valles menos extensos como los de Aguascalientes, Chihuahua y Nuevo León), ha incrementado su extensión aproximadamente en un 37%, pasando de 72 445 a 99 615 km^2.

Uno de los temas más trascendentes y prioritarios es la situación del agua. El porcentaje de agua dulce del país localizada en lagos, lagunas, ríos y humedales, hace diez años, fue de 67.6%, y hoy en día esta cifra ha disminuido aproximadamente en un 5%. Dieciséis millones de personas eran ocupantes de viviendas particulares que no contaban con agua potable[3] en 1990, mientras que para 2005 este valor se redujo a diez millones. Actualmente de la red de monitoreo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5) en el año de 2007 sólo el 17.6% presentaba valores de calidad aceptable.

Otra situación delicada es la asociada a la hidrología subterránea. De los 653 acuíferos que existen en el territorio nacional, 104 están sobreexplotados y de ellos se extrae el 60% del agua subterránea que se emplea en el país.

Un impacto ecológico fue generado en las primeras décadas de sobreexplotación (1960-80), lo que generó agotamiento de manantiales, desaparición de lagos y humedales, disminución del gasto-base de ríos, remoción de vegetación nativa y pérdida de ecosistemas, así como asentamiento y agrietamiento del terreno, contaminación del agua subterránea e intrusión salina en acuíferos costeros. Los mayores problemas sobre este último punto se presentan en 17 acuíferos costeros en los estados de Baja California, Baja California Sur, Colima, Sonora y Veracruz. La importancia de los acuíferos se puede apreciar por los siguientes hechos:

- Son fuentes confiables de suministro de agua en las zonas áridas y semiáridas.
- Abastecen de agua prácticamente a la totalidad de la población rural y en un contexto más amplio, al 70% de la población, así como a la mayoría de los desarrollos industriales.
- Mantienen con vida a casi dos millones de hectáreas de agricultura de riego, prácticamente la tercera parte de la superficie total de este tipo de agricultura.

No todos los cambios han sido en detrimento de los recursos naturales y la biodiversidad del país. En 1990 México contaba con 8 810 000 hectáreas bajo protección en alguna modalidad de área natural protegida, mientras que para 2007 esta superficie se incrementó a 22 712 000 has., es decir en un 157 por ciento.

Del estudio de los procesos de transformación

Las técnicas y tecnologías para analizar o medir los cambios sobre la superficie de la tierra son numerosas y su uso está en función de diferentes aspectos, tales como el acceso al tipo de información sobre el medio físico, el acceso a la tecnología, los objetivos del análisis, el tamaño del área de estudio, o bien, el tiempo disponible para realizar el análisis, entre otros. Una de las disciplinas que, pese a tener sus orígenes a mediados del siglo pasado, actualmente ha ganado la aceptación de los investigadores, es la ecología del paisaje, que tiene como objetivo el aprovechamiento de dos de las ciencias más importantes: la geografía y la ecología, ya que relaciona las estructuras espaciales, objeto de la geografía, con los procesos ecológicos, tomando como paisaje a la manifestación espacial del ecosistema.

La ecología del paisaje incluye el estudio de los patrones del paisaje, la interacción de los fragmentos o "parches" dentro del mosaico del paisaje y cómo estos patrones e interacciones cambian con el tiempo; lleva a cabo la aplicación de estos principios en la formulación y resolución de los problemas del mundo real, y considera el desarrollo y dinámica de la heterogeneidad espacial y sus efectos en los procesos ecológicos.

Uno de los conceptos más difundidos en la ecología del paisaje es la *fragmentación*, concepto básico en el desarrollo de la disciplina espacial. Se aplica tanto a los hábitat como a las poblaciones (poblaciones fragmentadas). Algunos investigadores han demostrado la relación que guarda el ta-

maño de los bosques con la diversidad de la fauna que la habita. Este tipo de estudios son muy importantes, no sólo porque muestran la relación tamaño/riqueza que es un concepto antiguo en ecología (noción de área mínima de muestreo) sino también porque presenta los umbrales de la superficie que permiten la presencia de las especies. En los grandes bosques, la fragmentación conduce a la pérdida de las especies, ya que un gran bosque único alberga más especies (aves, mamíferos, reptiles, etc.) que la misma superficie repartida en pequeños bosques. ¿Pero qué es la fragmentación? ¿Cómo se lleva a cabo? Se caracteriza por una disminución de la superficie total de un ecosistema y su ruptura en fragmentos; es más que una pérdida de hábitat que lleva consigo la disminución y aislamiento de los fragmentos y aumento del efecto de borde; produce cambios importantes en la estructura de las poblaciones y comunidades de plantas y animales y en el ambiente físico, afectando su funcionamiento.

El efecto de borde es el grado de contraste, densidad y variedad de vida que existe en la zona de transición (límite) entre ecosistemas colindantes; efecto aún más notorio cuando es resultado de la fragmentación que produce transformaciones en las condiciones microclimáticas de los fragmentos (cambios en el viento, en la radiación solar, etc.), lo cual puede traer como consecuencia la reducción de poblaciones de especies que no soporten estos cambios microclimáticos.

Al analizar espacialmente este fenómeno se pueden distinguir al menos cuatro procesos que interactúan para que, finalmente, se manifieste la fragmentación.

La *disección* que normalmente es la manera alternativa para comenzar la transformación del paisaje, dividiendo o subdividiendo un área con líneas de varios grosores; ejemplos de este proceso es la apertura de caminos, la colocación de linderos o límites entre propiedades y la generación de brechas para la instalación de infraestructura para las comunicaciones.

La *perforación*, proceso que hace hoyos en un objeto así como en un hábitat o uso del suelo (la colocación de antenas para las telecomunicaciones, la exploración de hidrocarburos, etcétera).

La *contracción*, esto es la disminución del tamaño de los fragmentos, es casi universal en los procesos de transformación del paisaje (el cambio en el tamaño de los espejos de agua en la mayoría de las presas de nuestro país al paso del tiempo).

La *expansión* de la frontera agrícola da como resultado inmediato la reducción o contracción de la vegetación natural colindante, el área remanente de un bosque después de un incendio de copas y la *desaparición*, proceso que como su nombre lo dice, es la reducción a cero de la superficie de algún hábitat o uso de suelo (la desecación de pequeños cuerpos de agua en las regiones áridas del país producto de la sequía, el abandono o cambio de uso de áreas agrícolas, generalmente de temporal, convirtiéndose en eriales o potreros).

En la actualidad los estudios de ecología del paisaje cuentan con las bondades y ventajas que brindan los sistemas de información geográfica y las tecnologías de la información, lo cual ha permitido contar con una visión cada vez más precisa y obtener resultados más cercanos a la realidad. Pero el verdadero potencial de esta disciplina es el carácter multidisciplinario que implica generar información que realmente pase de la teoría a la práctica, que coadyuve a la promulgación de política pública objetiva y realista, que no se quede en los anales científicos o forme parte de la retórica ambientalista y que se transforme en la manera en que ordenamos y administramos nuestro territorio y, sobre todo, en que planeamos nuestros cambios.

Si podemos aprovechar la experiencia adquirida y pasar de los datos al conocimiento, que nos permita reconocer los alcances y restricciones que tenemos como mexicanos, sobre lo que le hacemos a nuestro territorio, ya que en la medida en que respetemos las fronteras geoecológicas de nuestro espacio territorial, podremos asegurar nuestra permanencia en él.

1 Takaki, Francisco, "La cubierta vegetal y el uso del suelo", *Este País*, marzo de 2008.

2 Ornelas, Guillermo "La distribución territorial de la población en México", *Este País*, febrero de 2009.

3 Incluye ocupantes en viviendas particulares que se abastecen de agua de llave pública, pozo u otra fuente.

4 Asociación Internacional de Ecología del Paisaje, 1998.