

INCORPORACIÓN DE LA ECOLOGÍA DEL PAISAJE A LA PLANIFICACIÓN FÍSICA Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

Pedro Irastorza Vaca

María de los Ángeles Martín Rodríguez-Ovelleiro

Departamento de Tecnología Química y Ambiental (Universidad Rey Juan Carlos)

Javier Velázquez Saornil

Francisco Mauro Gutiérrez

Irene Romero-Toro Gascueña

Antonio García Abril

Grupo de Investigación sobre Tecnologías y Métodos para la Gestión Sostenible (Tecnatur). E.T.S. de Ingenieros de Montes (U.P.M.)

Abstract

Landscape ecology discipline must be included as one of the basis of landscape planning. Since 1991, Landscape ecology has been formulated as a future guideline in planning due to its theoretical framework to study the dynamic of landscape.

Landscape ecology considers the biotic and abiotic relationships, that takes place in the territory. However, unlike to landscape ecology, landscape planning studies the territory in terms of the current and the possible future human activities in order to assess the consequences of new land uses. Landscape planning is a previous phase of the land use planning

Landscape ecology has been generating multiples analysis, criteria and experiences that have been included partially in landscape planning studies. This paper shows recent contributions, and how different aspects of landscape heterogeneity can be used in land use planning.

Keywords: *Landscape ecology; landscape; landscape planning; land use planning; landscape heterogeneity*

Resumen

La ecología del paisaje es una disciplina que debe formar parte de la base de la planificación. Desde 1991 se enunció como una línea futura de la ecología del paisaje (*landscape ecology*), que reforzara la base ecológica de la planificación, introduciendo una dimensión dinámica al estudio de los paisajes, y que ofreciera un marco teórico que sirviera a la planificación.

Por otra parte la planificación física (en inglés *landscape planning*, o planificación del paisaje), incorpora de manera tradicional las relaciones bióticas y bióticas presentes en el territorio. A diferencia de la ecología del paisaje, la planificación física estudia el territorio en función de las actividades humanas actuales y posibles y realiza un ejercicio de pronóstico para evaluar las consecuencias ante nuevas actuaciones y cambios de uso. La planificación física es previa a la ordenación del territorio.

La ecología del paisaje ha generado una multitud de análisis, criterios, y experiencias y estudios del paisaje, que sólo en aspectos parciales se han incorporado a la planificación. En esta comunicación se muestran contribuciones recientes, y se presentan distintos aspectos de la heterogeneidad del paisaje que pueden ser utilizados en la planificación.

Palabras clave: *Ecología del paisaje; paisaje; planificación física; ordenación del territorio; heterogeneidad del paisaje*

1. Introducción: ordenación del territorio, planificación física y ecología del paisaje.

La ordenación territorial organiza y regula los usos, actividades y relaciones susceptibles de una localización espacial, con criterios sociales, económicos, técnicos, ambientales y políticos. También puede definirse como el conjunto de decisiones sobre los usos del suelo que se toman a la luz de las necesidades, actitudes y preferencias sociales, económicas, políticas y ambientales de un cierto grupo humano.

La planificación física busca la localización óptima de usos de suelo basados en la aptitud del territorio para desarrollar las actividades humanas, y para la conservación de los recursos naturales. Los resultados pueden ser más genéricos o concretos dependiendo de la calidad de la información, y de la etapa de planificación; en su expresión más completa incluye información técnica, social, ambiental y criterios políticos para decisión entre alternativas.

La planificación física surgió en los años 50 para integrar los condicionantes, posibilidades ambientales y la salvaguarda del medio natural en la planificación técnica y socioeconómica. La consideración de los ecosistemas como parte del territorio es fundamental, de manera que también se denomina planificación física con base ecológica (Ramos, 1979).

El uso racional de los recursos naturales y la conservación y protección de medio ambiente aparecen intrínsecamente unidos a la ordenación del territorio.

La ecología del paisaje estudia las relaciones entre el patrón espacial y los procesos ecológicos en una multitud de escalas y niveles de organización (Wu, 2008).

El paisaje según Forman y Godron (1986), es "Una superficie de terreno heterogénea, compuesta por un conjunto de ecosistemas en interacción que se repiten de forma similar en ella".

Existen tres características generales del paisaje, su estructura, funcionamiento y cambio (Dranstad Olson & Forman, 1996).

La estructura del paisaje es el patrón, tipo de distribución, reparto espacial o situación de los elementos del paisaje. Se compone de tres clase de elementos: manchas, corredores y matrices.

El funcionamiento se refiere al movimiento y flujo de animales, plantas, agua, viento, materiales y energía a través de la estructura.

El cambio se refiere al dinamismo o alteración en el "patrón" o modo de reparto espacial y su funcionamiento a lo largo del tiempo.

La ecología del pasaje contiene un enorme caudal de conocimientos y casos prácticos en los que se relaciona el patrón territorial, los procesos físicos y la dinámica y estado de poblaciones vegetales y animales.

El territorio es el objeto de la planificación física y ordenación del territorio. El territorio se considera como el espacio donde se desarrollan las actividades humanas y los procesos ecológicos.

El territorio se compone de paisajes y ecosistemas, de sistemas de uso, de áreas en distinto estado sucesional y productivo, de áreas de conflicto. Los límites pueden coincidir con una cuenca hidrográfica, unidad de paisaje o conjunto de ellas, pero también con límites abstractos, artificiales de carácter administrativo, región comarca, municipio, propiedad.

Paisaje y territorio son espacios geográficos, pero vistos de distinta manera por la planificación física y la ecología del paisaje. El territorio es un término más amplio que el de paisaje.

En la planificación se han empleado índices y modelos que integran aspectos ligados a la conservación, para la clasificación del territorio y asignación de usos, englobados en los conceptos de calidad y fragilidad (Aguiló et al 1995).

La ecología del paisaje no ha transformado en operativa para la planificación y gestión mucha de la información que ha generado (Bastian, 2001). Por otra parte la planificación no ha integrado los conocimientos obtenidos con el análisis de la ecología del paisaje.

2. La ecología del paisaje y la planificación

La ecología del paisaje, desde sus comienzos, trata de dar respuesta a preguntas del tipo (Ndubisi, 2002):

¿Cómo influye la estructura espacial de un paisaje en los procesos que suceden en su territorio; flujos de energía, de nutrientes, de materia, de especies, y de las relaciones entre ellos?

¿Qué influencia tiene en ese sentido la estructura del paisaje?

¿Cómo se muestran estas relaciones?

¿Qué nivel de resolución espacial y de escala temporal son apropiados para entender la estructura y los procesos de un paisaje?

¿Cuáles son las manifestaciones, físicas, visuales y culturales que denotan las modificaciones en las estructuras y procesos del paisaje?

¿Cómo se pueden entender la estructura y los procesos del paisaje, para explicar las relaciones entre el hombre y el territorio?

Las preguntas han ido evolucionando hacia ésta última que nos sirve de introducción a lo que Ndubisi denomina "*landscape ecological planning*", la aplicación de los conocimientos de la ecología del paisaje, a la ordenación del territorio, las actividades humanas y los problemas ecológicos que tienen una componente espacial.

Desde la ecología del paisaje se llega a un concepto, el de la planificación ecológica, próximo conceptualmente a la planificación física con base ecológica.

La ecología del paisaje debe aportar un fundamento científico ecológico; la planificación debe valorar también las repercusiones económico-sociales y políticas que inciden en la población humana.

4. Aplicación de la medición de la heterogeneidad del paisaje a la planificación física

La ecología del paisaje tiene unos principios (Forman & Godron, 1986; Forman, 1995) que pueden resumirse en el principio de heterogeneidad de elementos paisajísticos, que los rige. Los siete principios emergentes son: estructura y función del paisaje, diversidad biótica, movimiento de especies, redistribución de nutrientes, flujo de energía, cambio de paisaje y estabilidad.

La ecología del paisaje se ha llegado a definir como la ciencia interdisciplinaria de la heterogeneidad (Wu, 2006).

La heterogeneidad es un carácter inherente del mosaico territorial; existe en cualquier escala de resolución y puede ser considerado como el sustrato estructural en el que la diversidad biológica se puede desarrollar. La heterogeneidad se puede definir como la distribución de objetos irregular y no aleatoria (Forman, 1995). El análisis de este patrón es de importancia fundamental para comprender muchos procesos ecológicos y el funcionamiento de sistemas complejos, como son los paisajes. (Farina, 2006).

En 1995, Forman destacaba la importancia de la consideración de la heterogeneidad espacial: Un desafío emergente es determinar donde la heterogeneidad es ecológicamente importante, versus, donde se requiere el patrón espacial para comprender los procesos.

La heterogeneidad y diversidad son dos conceptos relacionados en ecología del paisaje, pero mientras la diversidad describe las diferentes cualidades de las manchas, la heterogeneidad representa la complejidad espacial del mosaico (Farina, 2006).

La heterogeneidad espacial también puede definirse como la complejidad y variabilidad de un sistema en el espacio y en el tiempo (Li & Reynolds, 1994), donde las propiedades del sistema pueden ser los nutrientes del suelo, mosaico de manchas, biomasa vegetal, distribución animal, etc. Las variaciones en la heterogeneidad espacial reflejan el cambio en funciones y procesos.

Se han descrito y evaluado distintos índices para caracterizar el paisaje (Li y Reynolds, 1994; Ritters et al, 1995; Turner et al 2001; Mc Garigal & Marks, 1995; McGarigal et al, 2002)

Li y Reynolds (1994) arguyen que es importante producir una definición clara de heterogeneidad para abordarla con una adecuada herramienta de cuantificación. Estos autores testaron 4 índices de heterogeneidad para cuantificar la heterogeneidad espacial en mapas de paisajes simulados, de acuerdo a 5 componentes de heterogeneidad espacial.

Índices de heterogeneidad:

- 1- Dimensión fractal (*fractal dimension*): Este índice mide la complejidad de los límites (Burrough, 1986).
- 2- Contagio (*contagion*): Este índice mide el alcance (*extent*) en que las manchas se agregan (O'Neill et al, 1988).
- 3- Equitatividad (*Evenness*): Este índice es sensible al número de tipos de manchas y su proporción en el paisaje (Romme, 1982).
- 4- Mosaicidad (*Patchiness*): Este índice mide los tipos de manchas vecinos en un mosaico de paisaje (Romme, 1982).

Componentes de heterogeneidad espacial:

1. Número de tipos de manchas (*number of patch types*)
2. Distribución del tamaño de manchas en el paisaje (*proportion*)
3. Disposición espacial (*spatial arrangement*)
4. Forma de las manchas (*patch shape*)
5. Contraste de vecindad (*neighboring contrast*)

Los autores ilustraron mediante gráficas las respuestas de estos 4 índices a las 5 componentes de heterogeneidad seleccionada.

Se han analizado el comportamiento de distintos índices de heterogeneidad del paisaje en la Comunidad de Madrid (Martín et al 2005; García Abril et al 2005; Irastorza, 2007), para el total de la Comunidad y para los 3 principales macropaisajes. El número de manchas y el índice de Shannon han mostrado ser capaces de caracterizar la heterogeneidad del paisaje, no así la dimensión fractal.

Se realizó un mapa del índice de Shannon para todo Madrid a partir del mapa de vegetación y usos del suelo de la Comunidad de Madrid del año 1997. El territorio se dividió en cuadrículas de 25 metros de lado y a cada una se le asignó el valor del índice de Shannon de la superficie del círculo definido por un radio de 3,5 Km. y centro en la cuadrícula.

Este mapa se integró en el modelo de grados de protección del territorio del Plan Regional de Estrategia Territorial de Madrid (1997), para evaluar la cantidad de información que puede añadir la consideración de la heterogeneidad en un modelo de planificación. El mapa de grados de protección consideraba tres categorías:

- 1- Grado de protección diverso
- 2- Grado de protección medio
- 3- Grado de protección máximo

El resultado fue esclarecedor y mostró que la cartografía de este índice, puede mejorar los modelos de protección del territorio y de calidad y fragilidad.

De las 147.315 ha, calificadas con grado de protección diverso, 34.415 pasaron a grado de protección medio y 31.347 a grado de protección máximo.

También de las 176.123 hectáreas de grado de protección medio, 52.158 pasaron a grado de protección máximo.

Es decir, 117.820 hectáreas cambiaron a un grado de protección mayor (16% del total), que representa un 36% de las categorías 1 y 2 de grados de protección.

Referencias

- Aguiló, M. et al (1995). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: Contenido y metodología*. CEOTMA-MOPU, Madrid. Tercera Edición Ampliada.
- Bastian, O. (2001). Landscape Ecology – towards a unified discipline? *Landscape Ecology*, 16, 757–766.
- Burrough, P. A. (1986). *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Clarendon, Oxford.
- Dranstad, W. E., Olson, J. D., Forman, R. T. T. (1996). *Landscape Ecology, Principles in Landscape and Land – Use Planning*. Harvard University Graduate School of Design, Island Press & the American Society of Landscapes Architects.

- Farina, A. (2006). *Principles and methods in landscape ecology: toward a science of landscape*. Springer. Dordrecht.
- Forman, R. T. T. & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, USA.
- Forman, R. T. T. (1995). *Land mosaics*. Cambridge University Press. Cambridge.
- García Abril, A., Martín, M. A., Irastorza, P., García Angulo, C., Blanco, E., Velazquez, J. (2005). Mapping territorial heterogeneity and succession indices. *International Association of landscape Ecology Annual Symposium (US- IALE)*. March 12-16, 2005. Syracuse. New York.
- Irastorza, P. (2007) [Integración de la ecología del paisaje en la planificación territorial : Aplicación a la comunidad de Madrid. Tesis Doctoral \(no publicada\). E.T.S.I. Montes \(UPM\).](#)
- Li, H. & Reynolds, J.F. (1994). A simulation experiment to quantify spatial heterogeneity in categorical maps. *Ecology*, 75 (8), 2446-2455. Ecological Society of America.
- Martín. M. A., García Abril, A., Irastorza, P., Martín, S., Grande, M. A. ; Martín, A., Velarde, M. D., (2005). Use of vegetation maps to quantify territorial diversity. *International Association of landscape Ecology Annual Symposium (US- IALE)*. SUNY College of Environmental Science and Forestry. Syracuse. New York. March 12-16, 2005.
- McGarigal, K. & Marks, B. J. (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. PNW-351*.
- McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel M. C.& Ene, E. (2002). FRAGSTATS: *Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Web site: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html
- Ndubisi, F. (2002). *Ecological Planning*. The Johns Hopkins University Press.
- O'Neill, R. V. et al (1988). Indices of landscape pattern. *Landscape ecology*, 1: 153-162.
- Ramos, A. (dir) (1979). *Planificación física y Ecología*. E.M.E.S.A. Madrid.
- Riitters, K. H., O'Neill, R. V., Hunsaker, C. T.; Wickham, J. D., Yankee, D. H., Timmins, S. P., Jones, K. B. & Jackson, B. L. (1995). A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology*, 10(1), 23-39
- Romme, W.H. (1982). Fire and landscape diversity in subalpine forests of Yellowstone national Park. *Ecological Monographs*, 52, 199-221.
- Steinitz, C. (2003). *Alternative futures for changing landscapes*. Island Press, Washington
- Turner, M. G.; Gardner, R.; O'Neill, R. V. (2001). *Landscape Ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer-Verlag.
- Wu, J. (2006). Landscape ecology, cross-disciplinarity, and sustainability science. *Landscape Ecology*, 21, 1-4.
- Wu, J. (2008). Landscape ecology. In: S. E. Jorgensen (ed), *Encyclopedia of Ecology*. Elsevier, Oxford. Pp. 2103-2108.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Antonio García Abril. antonio.garcia.abril@upm.es