

El rol de la ecología de paisajes en la planificación y gestión del espacio

Silvia D. Matteucci

CONICET-GEPAMA, UBA
sdmatteucci@conicet.gob.ar

Resumen

Los contenidos de ese artículo corresponden a la conferencia inaugural de las III Jornadas Argentinas de Ecología de Paisajes, realizadas en Bariloche en Mayo del 2011. El lema del evento, organizado por un grupo de investigadores de Bariloche, fue "Hacia la sustentabilidad socio-ecológica en un planeta que cambia rápidamente". La conferencia intentó mostrar a través de teoría y ejemplos de aplicación la cualidad del paisaje como contexto espacial y temporal del sistema sociedad-naturaleza y la capacidad de la ecología de paisajes como herramienta para el diseño, planificación y gestión de espacios ecológica y socialmente sustentables.

En este artículo se discuten los conceptos básicos sobre ecología de paisajes, paisaje y sustentabilidad y su interacción para el diseño, planificación y gestión de espacios multifuncionales. Se presenta el concepto de escenarios normativos y su aplicación al diseño de paisajes deseados a través de un ejemplo modelo de investigación y desarrollo. También se describen algunas de las barreras que dificultan el proceso y cómo evitarlas.

Introducción

En una época caracterizada por el deterioro de las funciones ecológicas imprescindibles para una vida sana en nuestro planeta, se ha desencadenado en la última década un maremágnum de producciones científicas y técnicas cuyo objetivo es la producción sustentable. Nos encontramos con el desafío de mantener la sustentabilidad socio-ecológica en un planeta que se transforma rápidamente como consecuencia del avance de las fronteras agrícola, forestal y urbana, y del consiguiente cambio climático. La intención es muy buena, pero para llevarla adelante se requiere la definición de categorías de análisis y marcos conceptuales, especialmente definiciones operativas de vocablos desgastados por el uso excesivo.

La ecología de paisajes podría ser una herramienta práctica para convertir un espacio degradado o en vías de degradación en un soporte de producción sustentable. Sin embargo, la ecología de paisajes pasa por una "crisis" de identidad al nivel internacional. La polémica alrededor de la pregunta *¿qué es la ecología de paisajes?* prosigue sin un acuerdo definitivo.

En este artículo, intentaré unir los conceptos en boga sobre ecología de paisajes y sustentabilidad, y experiencias de investigación y planificación para demostrar de qué manera la ecología de paisajes podría convertirse en una salida para encarar el desafío de lograr la sustentabilidad socio-ecológica sin desmedro de la producción de alimentos y otros insumos requeridos para el bienestar humano.

Presento el concepto de escenario, los diversos tipos de escenarios, la aplicación de los escenarios normativos para el diseño de paisajes deseados y un ejemplo del proceso de investigación y desarrollo llevado adelante en una cuenca agrícola de USA por un equipo liderado por un grupo de arquitectos de paisajes con la colaboración de especialistas en disciplinas físicas y biológicas (Santelmann *et al.*, 2004).

También mencionaré las barreras que dificultan el logro de este objetivo y qué deberíamos hacer para empezar a esquivarlas o sortearlas.

La ecología de paisajes

Mucho se ha escrito desde la década del 1980 sobre los objetivos, aplicaciones y alcances de la

ecología de paisajes (Fortin y Agrawal, 2005; Hobbs, 1999; Matteucci, 2010 y bibliografía allí citada). Sin embargo, no sólo no se ha llegado a un acuerdo acerca de los conceptos básicos sino que tampoco se ha desarrollado un marco conceptual específico para esta rama del conocimiento. Ni siquiera existe acuerdo acerca del concepto de paisaje, lo cual se manifiesta en la diversidad de marcos conceptuales y metodológicos de los trabajos de investigación auto-clasificados como pertenecientes a la ecología de paisajes.

Una revisión de los trabajos publicados en *Landscape Ecology*, revista de la International Association for Landscape Ecology (IALE), muestra que existen básicamente dos enfoques: uno es el bio-ecológico y otro físico-humano. El primero ha sido desarrollado por biólogos y ecólogos, y el segundo entra en el campo de geógrafos, ecólogos de paisajes de origen en las ciencias sociales y geografía, y es aplicado por planificadores, diseñadores, ingenieros forestales, agrónomos, etc. Dejo de lado los muchos trabajos metodológicos, que se limitan a proponer o evaluar estrategias y técnicas de análisis, o diversos modelos biológicos. No es que crea que estos trabajos no son importantes, sino que tienen objetivos muy particulares que no vienen al caso, aunque hacen aportes muy valiosos a los otros dos enfoques. Otras revistas, como *Landscape and Urban Planning* publican trabajos de ecología de paisajes, preferentemente del enfoque físico-humano.

Aunque no he hecho un estudio cuantificado de los temas de estas dos revistas (tarea muy aburrida) parecería que el primer enfoque es el dominante. Reúne los trabajos en que se evalúa el efecto de la fragmentación y la pérdida de hábitat sobre una población, una comunidad o algún proceso ecológico, o que estudian las consecuencias de los cambios de uso de la tierra sobre la fragmentación del hábitat en relación a la persistencia de una población, comunidad o proceso ecológico. Son mucho menos frecuentes los trabajos que podrían entrar en la segunda categoría y que estudian las consecuencias de los cambios de uso de la tierra sobre el funcionamiento e integridad del paisaje, y los efectos de estos últimos sobre la producción agropecuaria y forestal, la calidad de vida urbana, la calidad y cantidad de servicios ecológicos de los ecosistemas al nivel de paisajes, etc.

Las diferencias entre ambos enfoques son varias (Cuadro 1). El enfoque bio-ecológico se fundamenta en la teoría biológica y ecológica y entra en la categoría de estudios unidireccionales o transversales (cross-transdisciplinary), que se caracterizan porque

el marco conceptual proviene de una única disciplina con apoyo de otras disciplinas para descripciones muy generales. El enfoque físico-humano entra dentro de la categoría de estudios interdisciplinarios, caracterizados por el diseño de un marco conceptual que trasciende las disciplinas involucradas y que se desarrolla a partir del objetivo del proyecto. A pesar de las dificultades que existen en la práctica para una participación tan amplia, la tendencia de este enfoque en ecología de paisajes es hacia la estrategia transdisciplinaria; esto es, estudios interdisciplinarios con participación de la sociedad y de la educación (Jantsch, 1970; Tress y Tress, 2002; Tress *et al.*, 2004).

Ambos enfoques difieren en el objeto y en el objetivo general. En el enfoque bio-ecológico el objeto de estudio es una población, una comunidad o un proceso biológico o ecológico; en el enfoque físico-humano, el objeto de estudio es el paisaje y su funcionamiento natural y económico. Los trabajos bio-ecológicos se enfocan principalmente hacia la conservación; los trabajos físico-humanos se enfocan hacia el multiuso; muchas veces tienen por objetivo hallar modos sostenibles de uso de la tierra, principalmente, o mejorar la calidad de vida de los humanos que viven en el paisaje estudiado, los resultados son en general insumos para la planificación y el diseño de paisajes.

El enfoque bio-ecológico es considerado por los ecólogos de paisaje como una rama de la ecología que, a diferencia de la ecología tradicional, considera la dimensión espacial y trata de descubrir la manera en que un medio espacialmente heterogéneo afecta los procesos biológicos y ecológicos. El enfoque físico-humano es considerado como una interdisciplina que reúne conjuntos diversos de disciplinas según el objetivo de la investigación; esto es, para cada objetivo el conjunto de disciplinas involucradas difiere. Mientras en el enfoque bio-ecológico rara vez entran en juego variables sociales y económicas y si lo hacen es tangencialmente, en el enfoque físico-humano las variables sociales y económicas ocupan un papel central junto con las físico-bióticas. El enfoque bio-ecológico considera la presencia de humanos y sus actividades como factores de perturbación para el balance ecológico; en el enfoque físico-humano la presencia de actividades humanas es parte del paisaje y contribuye a su modelado.

Esta crisis de identidad no debe ser considerada una traba para la ecología de paisajes, sino una oportunidad para su renovación y ampliación, con la combinación de ambos enfoques.

Cuadro 1. Diferencias entre los dos enfoques principales de la Ecología de Paisajes.

ENFOQUE	BIO-ECOLÓGICO	FÍSICO-HUMANO
Relación entre disciplinas	Unidireccional (monodisciplinario)	Inter- y transdisciplinario
Marco conceptual	Ecológico	Diseñado según objetivo
Objeto de estudio	Biológico, ecológico	Paisaje
Objetivo	Conservación	Multifunción
Clasificación de EcoPai	Rama de la Ecología	Interdisciplina
Rol de los humanos	Factores de perturbación	Parte del sistema
Concepto de paisaje	Mosaico	Sistema

Otra diferencia importante entre estos dos enfoques, que no es menor, es el concepto de paisaje y su percepción. No es menor porque de la concepción de paisaje depende la actitud de los actores sociales (comunidad, funcionario, investigadores, planificadores, tomadores de decisiones, etc.) y las acciones que sobre él se ejercen.

Conceptos de paisaje

La bibliografía muestra que hay casi tantas definiciones de paisaje como investigadores en el tema. Todos coinciden en que el paisaje es un espacio heterogéneo, pero no acuerdan en cuanto a otras características esenciales. En el enfoque biológico-ecológico, la descripción más reciente es la que visualiza el paisaje como un área espacialmente heterogénea en al menos una variable de interés (Turner *et al.*, 2001), visión en extremo reduccionista que convierte esta jerarquía espacial en una construcción del investigador.

En el enfoque físico-humano, la descripción probablemente más antigua de paisaje establece que se trata de un espacio que ha evolucionado en tiempo geológico y ha alcanzado un estado estable dinámico en el cual se asocian topografía-suelo-vegetación en elementos que forman un patrón espacial característico y repetitivo (Dokuchaev citado por Sukachev y Dylis, 1964). El paisaje es un sistema natural que tiene características particulares que lo diferencian de los paisajes vecinos, como: 1) proviene de un evento geológico único; 2) está compuesto por elementos característicos que forman un patrón repetitivo; 3) está sometido a un régimen particular de perturbaciones naturales en toda su extensión; 4) el mesoclima es el mismo en toda su extensión; 5) es

ocupado por determinados usos de la tierra. Implícito en esta descripción está la cualidad del paisaje como sistema complejo (caótico, no lineal, autoajutable), dinámico, con múltiples interrelaciones entre componentes bióticos, abióticos y humanos operando a diversas escales espaciales y temporales. En la bibliografía de los investigadores físico-humanos aparecen muchas definiciones que giran alrededor de estas particularidades del paisaje (por ej.: Forman, 1995; Antrop, 2006; Zonneveld, 1995), pero ninguna lo caracteriza tan clara y explícitamente como la de Dokuchaev. Es cierto que con los grandes avances tecnológicos, los usos de la tierra se han extendido más allá de la aptitud natural y, según mi parecer, esto es lo que nos ha puesto en una situación ambientalmente crítica. Me he preguntado muchas veces: ¿si la humanidad hubiese recordado a lo largo de su historia la propiedad de unidad natural del paisaje, respetando su dinámica natural esencial, estaríamos ahora en presencia de esta crisis ambiental? ¿Sería necesaria la Ecología de la Restauración y el diseño de paisajes multifuncionales?

Algunos podrán estar en desacuerdo con la propuesta de paisaje como unidad natural dinámica, que evoluciona como lo hace todo otro objeto biológico vivo. Sin embargo, en la bibliografía reciente se encuentran frases como: "... the idea of a landscape provides a useful arena in which questions about the relationships between nature, economy and culture can be viewed."¹ (Potschin and Haynes-Young, 2006 (a)); "...when planning for the restoration of species rich calcareous grasslands, the major lesson that we should draw from the literature (on restoration of calcareous grasslands) is that landscape context and initial conditions matter"². (Haines-Young *et al.*, 2006). ¿No son estas afirmaciones una evidencia de que el

1: "... la idea de paisaje provee un contexto útil para visualizar las interacciones entre naturaleza, economía y cultura".

2: "... en la planificación para la restauración de pastizales calcáreos ricos en especies, la enseñanza que deberíamos extraer de la bibliografía (...) es que el contexto del paisaje y las condiciones iniciales resultan importantes".

paisaje funciona como una unidad natural? Otra frase de la bibliografía es: "It (landscape) is said to be appropriate for sustainable planning (Ahern, 1999) because it is sufficiently large enough to contain a heterogeneous matrix of landscape elements that provide a context for mosaic stability (Forman, 1995)³". (citado por Blaschke, 2006). Sin embargo, la razón no es el tamaño, sino su heterogeneidad espacial y funcional que le permite operar como una unidad natural dinámica y resiliente, y en natural incluyo a los seres humanos y sus actividades. También se ha afirmado que: "England's landscape has been fundamentally influenced by the interactions of geology, soils, landform, climate, flora and fauna. Just as importantly, the landscape has been subsequently fashioned by cultural activities such as agriculture, forestry and settlement. These components combine to create the distinctive landscape character of an area (Bailey *et al.*, 2006)⁴". Ese carácter distintivo del paisaje sólo es posible si responde a la combinación de factores modeladores como una unidad natural funcional, dinámica y resiliente, y no es privativo de Gran Bretaña, sino de todos los paisajes de nuestro atribulado Planeta.

Estos ejemplos, de los cuales hay muchos en la bibliografía científica internacional, reconocen la calidad del paisaje como un sistema dinámico que, gracias a su heterogeneidad y su historia evolutiva, se comporta como una unidad estructural y funcional.

La sustentabilidad socio-ecológica

El concepto de sustentabilidad (o sostenibilidad según la 23^ª Edición del Diccionario de la Real Academia Española) ha sido mal-usado, malgastado y tergiversado hasta convertirlo en expresiones de deseo en conflicto dependiendo de la filosofía de vida de quien lo pregona.

De la tristemente célebre definición de desarrollo sustentable pergeñada por la Comisión Bruntland en 1987 (Bruntland, 1987), varios años después se rescata como tema central la "necesidad de resolver los problemas ambientales, sociales y económicos en el contexto que envuelve a los tres juntos' (UNEP, 2002). La propuesta de la UNEP (2002), provista en

el documento preparatorio para la Cumbre de Johannesburgo del 2002, también resultó una expresión de deseo, ya que se vió defraudada por la conclusión de Johannesburgo, en la cual se reforzó la idea de que la sustentabilidad social y económica son objetivos legítimos por sí mismos, dejando la dimensión ambiental fuera de la ecuación. Hoy sabemos que no puede haber desarrollo sin deterioro ambiental, ya que el desarrollo implica crecimiento y cambio en beneficio del incremento del capital.

En las últimas décadas se han intentado nuevas definiciones a consecuencia de la disciplina emergente Ciencia de la Sustentabilidad (Kates *et al.*, 2001; Clark y Dickson, 2003), que se ocupa de la integración a múltiples escalas de los sistemas social y el natural con el objetivo de evaluar, mitigar y minimizar las consecuencias de los impactos humanos sobre el sistema sociedad-naturaleza (Keifer *et al.*, 2003; Reitan, 2005). A pesar de la abundante bibliografía sobre sustentabilidad (de Groot *et al.*, 2000; Potschin and Haines-Young, 2006 a y b, entre otros), el concepto sigue siendo tan general que no resulta operativo y no se implementa con facilidad en la práctica. Sin embargo, toda la actividad científica alrededor del concepto de sustentabilidad tuvo un efecto positivo y es que actualmente existe acuerdo en cuanto a que sociedad-naturaleza están íntimamente entrelazadas y que los conflictos y el mejoramiento de las condiciones de vida se solucionarán si el conjunto sociedad-naturaleza se analiza e interpreta como un sistema complejo, para comprender cuáles son los factores que determinan la resiliencia y la vulnerabilidad del sistema en cada caso particular.

De lo anterior surge que el paisaje como unidad espacial y funcional natural es el contexto ideal para lograr la integración del sistema sociedad-naturaleza. Si nos fijamos en los trabajos en que se intenta evaluar la sustentabilidad, el paisaje constituye en la práctica el contexto en el cual ella se "mide", independientemente del método de medición, entre los que se cuentan la evaluación del capital natural (Haines-Young, 2000), el beneficio del capital natural (Bailey *et al.*, 2006); el análisis de funciones (de Groot, 2006) o el análisis de trayectorias de cambio (Káyhkö y Skånes, 2006).

3: "Se dice del paisaje que es adecuado para la planificación sustentable porque es lo suficientemente extenso como para contener una matriz heterogénea de elementos que dan un contexto para la estabilidad del mosaico".

4: "Los paisajes ingleses han sido influidos fundamentalmente por las interacciones entre geología, suelos, geomorfología, clima, flora y fauna. Igualmente importante, el paisaje ha sido subsiguientemente modelado por las actividades culturales, tales como agricultura, silvicultura y urbanización. Estos componentes se combinan para crear el carácter distintivo del paisaje de un área".

Integración de paisaje y sustentabilidad

Si aceptamos que el paisaje es un sistema complejo de múltiples interacciones a diversas escalas espaciales y temporales entre la sociedad y la naturaleza y que la sustentabilidad se evalúa en términos del grado de resiliencia y vulnerabilidad del sistema complejo sociedad-naturaleza, entonces cabe preguntarse cuál de los enfoques de la ecología de paisajes puede dar respuestas al propósito de promover la sustentabilidad socio-espacial de nuestro planeta cambiante.

Para acotar el espacio conceptual usaré la definición de paisaje (o mosaico) sustentable propuesto por Potschin y Haines-Young (2006a), que parece sencillo pero tiene un contenido denso: "paisaje sustentable es aquel que puede mantener las salidas (producción) de bienes y servicios ecológicos requeridos y valorados por la sociedad". Esta definición implica que debemos conocer en primer lugar cuáles son los bienes y servicios valorados y requeridos por la sociedad, los cuales varían según la idiosincrasia de cada comunidad; luego debemos conocer cuál es la aptitud de uso de los elementos del paisaje que sustenta a dicha comunidad y, por último, debemos evaluar si las capacidades de producción y los usos humanos están balanceados o no. Debemos averiguar cuáles son los factores que dan resiliencia al paisaje y cuál es el grado de vulnerabilidad del sistema sociedad-naturaleza en el paisaje en cuestión. La aparente contradicción entre paisaje (sistema dinámico cambiante) y sustentabilidad (mantenimiento de un estado del sistema) se solventa considerando también la dimensión temporal al estudiar el sistema.

Es evidente que para lograr un paisaje o mosaico sustentable, se requiere la interacción entre disciplinas y la participación de la comunidad local. Las investigaciones bio-ecológicas, sociales, económicas, antropológicas, etc., aportarán elementos al resultado final. Sin embargo, estos aportes no pueden ser desligados entre sí, ni seleccionados de acuerdo a intereses científicos o académicos. No se puede pretender encontrar las tan mentadas asociaciones entre patrones y procesos a partir de datos provenientes de trabajos unidisciplinarios realizados sin un objetivo e hipótesis previas. Se requiere un objetivo claro, que inspirará el marco conceptual y metodológico a desarrollar por el conjunto de los participantes en el proyecto. El enfoque físico-humano es el adecuado como marco para la integración de las disciplinas hacia un objetivo común, ya que el objeto de estudio es el propio paisaje, al cual se aplicarán los resultados del proyecto.

Preguntas formuladas en el marco enfoque físico-humano

En el enfoque físico-humano con el paisaje como objeto del estudio, las preguntas cambian. En vez de preguntarnos cuál es el efecto de la fragmentación del hábitat sobre la supervivencia de tal o cual especie, o sobre tal o cual proceso ecológico, nos preguntamos:

¿Cómo afecta al funcionamiento global del paisaje la pérdida de biodiversidad (o de alguna especie particular o de alguna función ecológica)?

¿Cuál es la superficie máxima a convertir sin que se pierda la integridad funcional del paisaje o se deteriore algún servicio o bien esencial?

¿Cuál es la cobertura total mínima del ecosistema natural y la configuración espacial de fragmentos naturales para que el paisaje mantenga su identidad, y la provisión de bienes y servicios?

¿Cuáles pueden ser las consecuencias del establecimiento de un uso nuevo sobre el funcionamiento e integridad del paisaje?

¿Qué tamaño y qué ubicación deben tener las parcelas agrícolas (forestales, urbanas) para mantener la resiliencia del sistema?

Preguntas de este tipo convierten a la ecología de paisajes en una rama científica vinculada directamente a la aplicación en planificación. Éste ha sido uno de los objetivos de la ecología de paisajes moderna desde sus inicios entre las décadas de 1960-1970 (Wijnhoven, 1981). Si bien esta meta parece difícil de alcanzar, se han logrado algunos avances en otros países con estrategias de diseño de paisajes multifuncionales y de escenarios futuros alternativos.

Según el concepto de paisaje como unidad funcional, todos los paisajes sanos son multifuncionales y esta propiedad es la que favorece la alta resiliencia, como ya lo había sugerido Holling en referencia a los ecosistemas en la década de 1970 (Holling, 1973). La idea de diseñar paisajes multifuncionales proviene de la necesidad de mitigar o suprimir las consecuencias de la homogenización de los paisajes producida por el avance de las fronteras agrícola, forestal y urbana. También se evidencia en la importancia que ha adquirido la protección de la multifuncionalidad en aquellos paisajes que todavía no han sido convertidos totalmente pero están en riesgo de hacerlo, como por ejemplo nuestra llanura chaqueña. Además, las propuestas novedosas para definir paisajes multifuncionales pueden brindar el contexto para la gestión participativa de los recursos median-

te el compromiso de la comunidad local y de los funcionarios públicos (Brunckhorst *et al.*, 2006).

Una aplicación de la ecología de paisajes en el diseño de espacios multifuncionales

Los escenarios se han empleado en las últimas décadas en la ecología de paisajes como herramienta para diseñar futuros deseables. La idea de los escenarios futuros no es nueva y se ha empleado durante mucho tiempo en la industria y el comercio para la toma de decisiones en la inversión. Sin embargo, no se habían empleado en ecología de paisajes.

Un escenario es una descripción factible, simplificada y sintética del futuro de un sistema, sobre la base de un conjunto de suposiciones coherentes e internamente consistentes acerca de los impulsores clave y de las relaciones entre variables operativas (Carpenter *et al.*, 2005). Puede usarse como un método sistemático de pensamiento creativo acerca de futuros complejos e inciertos y ayuda seleccionar los tipos de cambios a introducir en el paisaje para propósitos determinados. En los procesos de toma de decisiones se emplean para anticipar las acciones ante diferentes posibilidades futuras, para anticipar ventanas temporales lejanas respecto del futuro inmediato y para hacer elecciones (Peterson *et al.*, 2003).

Existen diversos tipos de escenarios: predictivos, proyectivos y prospectivos. Los escenarios predictivos responden a la pregunta: ¿que pasará en el futuro?, bajo el supuesto de que las condiciones actuales se mantienen o de que la tendencia actual se mantiene. Se elaboran con la ayuda de modelos basados en la teoría de probabilidades (distribución de probabilidades de una variable dada en una ventana temporal futura, condicionada por la situación presente, suposiciones acerca de los impulsores, distribuciones de probabilidades de parámetros de modelos y medición de la probabilidad de validez del propio modelo). Los escenarios proyectivos responden a la pregunta “¿qué puede pasar?” independientemente de las creencias acerca del futuro u opiniones acerca de lo deseable. Conducen a afirmaciones tales como: “dado esto, entonces aquello”. Describen cuál es el futuro esperado dentro de un intervalo de confianza de incertidumbre. Estos escenarios no pueden captar el conocimiento experto acerca de interacciones entre las variables de los modelos. Extienden las tendencias cuantificadas con datos del pasado hacia el futuro (series Markovianas).

Los escenarios prospectivos responden a la pregunta “¿qué podría pasar?”; describen cómo podría ser el futuro o cuál podría ser un futuro alcanzable. Describen escenarios que podrían no ser predecibles.

Dentro de la categoría de escenarios prospectivos se encuentran los escenarios normativos, que responden a la pregunta “¿cómo podría alcanzarse un futuro alternativo deseado? Los escenarios normativos son interesantes porque promueven la creatividad, contribuyen a organizar la investigación, estimulan políticas novedosas para legislar sobre el uso de la tierra y dirigen la investigación. Representan futuros que aunque no existen todavía y no existirán según las proyecciones o predicciones, podrían existir dadas ciertas condiciones. La ecología de paisajes es especialmente adecuada como base para la generación de escenarios normativos y el diseño de futuros alternativos porque permite la validación a través de modelos espacialmente explícitos del comportamiento del paisaje bajo los supuestos establecidos.

En ecología de paisajes los escenarios corresponden a suposiciones alternativas que subyacen el cambio de paisaje. El futuro posible es el patrón de cobertura y uso de la tierra y sus consecuencias funcionales y se representa en mapas de cobertura y uso de la tierra, simulaciones digitales tridimensionales y dibujos, para facilitar la comunicación con actores sociales no especialistas.

El proceso de construcción de escenarios normativos del paisaje traduce los valores de la sociedad (deseos y requerimientos de la sociedad) en hipótesis científicas verificables acerca de los efectos del cambio de uso de la tierra. Los ecólogos de paisajes experimentan con patrones de cobertura que se espera que cumplan determinadas funciones ecológicas. Las funciones constituyen hipótesis que resultan de determinados patrones de paisaje y de estrategias de manejo. Luego las hipótesis pueden ser verificadas mediante modelos ecológicos, económicos o culturales o mediante datos empíricos.

El procedimiento se caracteriza porque, a diferencia de lo que ocurre con los escenarios predictivos y proyectivos, en que los escenarios sugieren modelos espaciales o funcionales futuros, en los normativos, los estados futuros deseables son los que conducen a preguntas y modelos de procesos para verificar si el diseño del paisaje cumple las funciones esperadas. El escenario normativo no asegura que algún proceso o evento particular ocurrirá, sino que provee una base informada al tomador de deci-

siones para que pueda especular acerca de las consecuencias de que ocurra el hecho, de si este hecho es deseable y cuáles decisiones alentarán o desalentarán la ocurrencia o no del proceso o evento.

Las etapas de la investigación para construir escenarios normativos del paisaje y comprobar si se cumplen los objetivos esperados comienzan con: 1) conocer el presente, dentro del cual se encuentran las expectativas de los pobladores y la identificación de aquellos elementos del presente que son importantes para el futuro, 2) formular las hipótesis acerca de las funciones del futuro diseñado, 3) generar datos nuevos y 4) validar las hipótesis. Como las hipótesis se refieren a proceso y funciones en campos diversos del conocimiento, las etapas 3 y 4 son resueltas por las disciplinas que pueden verificar cada conjunto de hipótesis, aunque todas las disciplinas participan en todas las etapas (Iverson-Nassauer y Corry, 2004).

El procedimiento y las etapas de investigación se resuelven en talleres con todos los actores o con grupos de actores y es iterativo, con idas y vueltas entre las propuestas y los resultados de las diversas etapas. Así, se van refinando los futuros deseables y descartando los imposibles de alcanzar o los que resultarían en un desmejoramiento de las funciones del paisaje y de la calidad de vida global.

Ejemplo: evaluación de futuros alternativos para la agricultura en Iowa, USA

El trabajo de Santelmann *et al.*, 2004 es un buen ejemplo del empleo de escenarios normativos para el diseño de futuros alternativos deseables. Este trabajo se realizó a nivel de cuenca (puede ser un paisaje o una porción del paisaje), en dos cuencas con diferentes características fisiográficas y ocupadas por agricultores con prioridades diferentes, dedicados principalmente al cultivo de maíz y soja. Participó un grupo de arquitectos paisajistas y expertos y colaboradores de diversas disciplinas: agronomía, ecología vegetal y animal, ecología de humedales, calidad de agua, hidrología, política agrícola, extensión agrícola y sistemas de información geográfica. La ventana temporal abarca 25 años hacia el futuro.

Las metas para cada cuenca agrícola son varias, además de la rentabilidad agrícola, arroyos con aguas limpias, parches naturales con alta riqueza de especies, abundante fauna silvestre, paisajes rurales atractivos poblados por agricultores que trabajan su propia tierra.

Se propusieron tres escenarios, cada uno de los cuales supone una política federal que alienta acciones en concordancia con el escenario propuesto. Estos escenarios son: Producción, Calidad de Agua y Biodiversidad.

En el escenario de Producción, el objetivo principal del manejo de la cuenca es la Producción Agrícola Rentable; supone que la política territorial alienta el cultivo de tierra altamente productiva con niveles tecnológicos como los usados hasta el presente. En el modelo normativo, el área de cultivo de maíz y soja se expande a todos los suelos de buena calidad; se aplican BMPs (Prácticas de Mejor Manejo) instituidas en 1996; la población se reduce en un 50%; desaparecen puestos y parcelas de bosque; el tamaño promedio de las estancias se duplica y el tamaño de los campos incrementa.

El escenario de Calidad del Agua supone que las empresas agrícolas cambian en respuesta a una nueva política federal (hipotética) que obliga a mantener el agua pura, cumpliendo con estándares cuantificables de calidad y subsidia a aquellas empresas que reducen la erosión del suelo, la liberación de sedimentos y excesos de nutrientes a los arroyos, la respuesta hidrológica rápida a las tormentas y que mejoran el hábitat acuático. Estos objetivos se logran, según en el modelo normativo, mediante la expansión de cultivos forrajeros y rotación de ganado, con las BMPs convencionales, el establecimiento de franjas de vegetación protectora en las orillas de los arroyos e infraestructuras novedosas para detener y purificar el agua de tormentas y el mantenimiento de los matorrales. Se supone que los habitantes urbanos y rurales valoran el paisaje rural, que las vacaciones en granjas y casas de fin de semana incrementan el flujo de urbanitas a la zona rural; que la población rural incrementa un 50% de granjeros en relación al escenario de producción porque las tareas de producción ocupan a más gente.

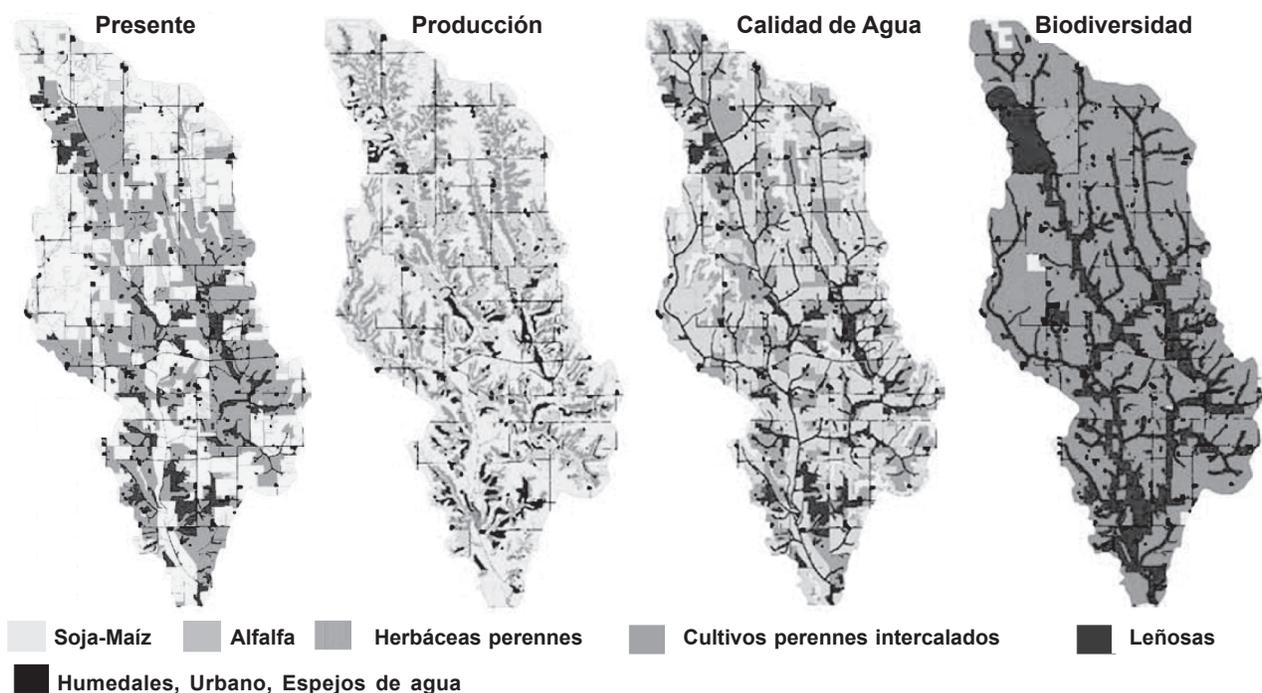
El escenario de Biodiversidad supone que la tecnología y las prácticas agrícolas responden a una nueva política federal (hipotética) para incrementar la abundancia y diversidad de plantas y animales nativos en un contexto agrícola. Para el cumplimiento de los objetivos del escenario normativo, la inversión pública debe crear un sistema integrado de bioreservas de especies nativas conectadas por una red de corredores anchos que también protegen los arroyos. Además, la autoridad Federal debe subsidiar

la adopción de BMPs innovadoras para incrementar la biodiversidad, como por ejemplo, cultivos perennes intercalados, agro-silvicultura, etc., que permitan conectar mejor las bioreservas y proteger más los arroyos. Los cultivos de maíz y soja se deben realizar fuera de la red y bioreservas y sólo en los mejores suelos. Se supone que la inversión pública en áreas protegidas incrementa los puestos de trabajo en el área rural, que se construyen sistemas de senderos que conectan corredores y reservas; al igual que en el escenario de producción, el tamaño de las estancias incrementa y su número disminuye, pero los puestos permanecen y muchos amantes de la vida rural habitan los puestos antes ocupados por granjeros.

Los futuros alternativos son mosaicos caracterizados por cambios en la superficie y patrón de las coberturas y usos de la tierra. Los mosaicos de futuros alternativos se generaron por un proceso de reglas de decisión, tal como se hace para generar mapas de aptitud del uso de la tierra o de hábitat en los modelos espacialmente explícitos. En el futuro deseable en el escenario de producción todas las tierras de mejor calidad son ocupadas por cultivos en surcos, en detrimento de las pasturas y los fragmen-

tos de matorrales. En el futuro deseable para el escenario de Calidad de Agua disminuye el área de cultivos e incrementa el de matorrales, especialmente de protección de riveras de arroyos. En el futuro deseable en el escenario de Biodiversidad predominan los cultivos intercalados perennes y los corredores de matorrales (Fig. 1).

En el presente, predominan los cultivos en hilera de maíz y soja y las herbáceas perennes, y los arroyos están bordeados por matorrales y bosques fragmentados. En el escenario de Producción, la cobertura dominante es la de cultivos en hileras, las formaciones leñosas y de herbáceas perennes ocupan una extensión menor que en el mosaico presente y aparecen más fragmentadas. En el Norte hay un poco de alfalfa. En el escenario de Calidad de Agua, la superficie de alfalfa domina el paisaje, hay mucha menor extensión de cultivos de granos (maíz y soja) y se destacan los arroyos con delgados bordes de vegetación leñosa. En el escenario de Biodiversidad, la cobertura más extendida es la de cultivos perennes, que forman la matriz, y la vegetación leñosa (matorrales y bosques) formando corredores a lo largo de los arroyos. En el Noroeste se observa un gran manchón de cobertura leñosa que corresponde al área de reserva natural (Fig. 1).



Modificado de Santelmann *et al.*, 2004

Figura 1. Mosaico actual y futuro en cada escenario.

Los tres escenarios futuros fueron comparados entre sí y con el paisaje presente mediante modelos en el entorno de SIG (Sistema de Información Geográfica) en relación a procesos tales como: impacto sobre la calidad del agua (descarga y exportación de sedimentos suspendidos totales y de nitratos); retorno económico estimado; preferencias visuales de los granjeros; impactos en las plantas y animales nativos (diversidad de especies de plantas, mariposas y vertebrados, estimadas a partir de la superficie de hábitat; y modelos poblacionales espacialmente explícitos para especies de mamíferos y reptiles). Los trabajos de cada grupo de expertos fueron publicados en revistas internacionales.

Para la evaluación del impacto sobre la calidad de agua se usó el modelo de simulación SWAT (por las siglas de Soil and Water Assessment Tool), que predice el efecto de las estrategias de manejo sobre los rendimientos de agua, sedimentos, nutrientes y pesticidas, a partir de datos climáticos, escorrentía superficial, percolación, almacenamiento en reservorios, crecimiento del cultivos y riego, carga de nutrientes y pesticidas, etc. Para la evaluación de los impactos económicos se usó el EPIC (por las siglas de Erosion Productivity Index Calculator), que calcula el rendimiento de los cultivos y la ganancia neta, a partir de costos de insumos, precios promedios y rendimiento de los cultivos, e impuestos. También calcula externalidades como erosión y pérdida de nitrato por escorrentía y por lixiviado.

El comportamiento de los paisajes futuros en relación al inicial se realizó comparando el valor de los diez indicadores en una proyección a 25 años en

cada escenario. Los indicadores fueron: 1) descarga anual ($m^3/año$); 2) exportación anual de sedimentos ($t/año$); 3) exportación anual de nitrógeno en nitratos ($kg/año$); 4) retorno anual de la cuenca (dólares); 5) preferencia acumulada (basada en los valores dados por granjeros a imágenes de los paisajes futuros); 6) índice de plantas nativas (media de los cambios porcentuales del índice de abundancia de todas las plantas nativas en cada cobertura vegetal ponderada por el área de la cobertura); 7) índice de biodiversidad de mariposas (ídem a 6); 8) índice de biodiversidad de vertebrados nativos (ídem a 6); 9) índice de respuesta de los mamíferos (media del cambio porcentual de la densidad relativa en la simulación del año 100 para las especies persistentes en la cuenca); 10) índice de respuesta de 4 especies de reptiles (análisis poblacional).

Todos los indicadores fueron estandarizados para expresarlos en la misma escala como porcentaje de cambio en relación a la condición actual (valor futuro menos valor actual/valor actual), de modo que un valor positivo es una mejora de las condiciones y uno negativo es una desmejora (Fig. 2).

Los resultados muestran que en los tres escenarios, la descarga anual (1) y exportación anual de sedimentos se reducen en relación al paisaje inicial (presente), indicando que los cambios en uso de la tierra y el manejo de los cultivos mejoran la calidad del agua. La exportación anual de nitratos (3) se reduce en los escenarios de Calidad de Agua y de Biodiversidad pero incrementa levemente en el escenario de producción, en relación al paisaje inicial. En términos de la rentabilidad económica (4) los es-

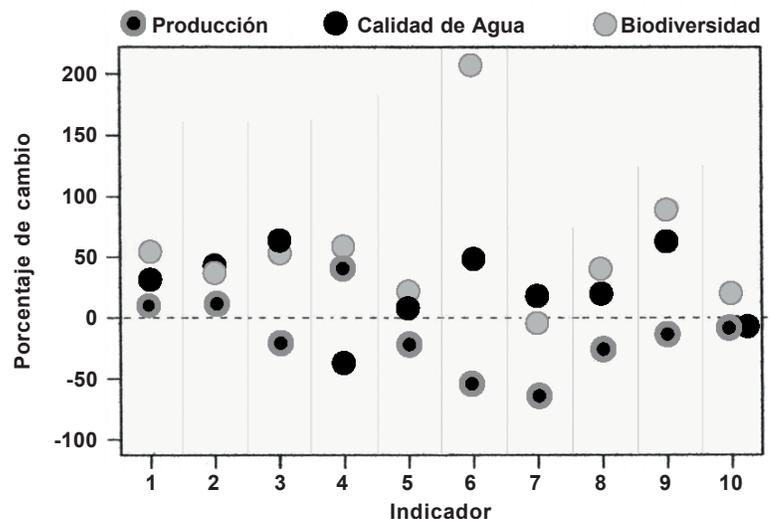


Figura 2. Porcentaje de cambio de cada indicador en cada escenario (modificado de Santelmann *et al.*, 2004). Los identificadores de los indicadores son los del texto.

cenarios de Productividad y de Biodiversidad salen favorecidos pero no así el de Calidad de Agua; la preferencia de los granjeros (5) sale un poco favorecida en los escenarios de Biodiversidad y de Calidad de Agua, pero no así en el escenario de la Producción; esto indica que los granjeros prefieren visualmente (en fotos) los paisajes resultantes del escenario de Biodiversidad y en segundo lugar aquel resultante del escenario de Calidad de Agua; pero desde el punto de vista de la rentabilidad, el escenario de Biodiversidad es mejor.

Todos los índices de biodiversidad (6, 7, 8 y 9) mejoran en el escenario de Biodiversidad y empeoran en el escenario de Producción en mayor o menor medida, mientras que en el escenario de Calidad de Agua mejoran también en mayor o menor medida. Sólo la biodiversidad de mariposas disminuye en el escenario de Biodiversidad mostrando que el reemplazo de las pasturas por cultivos perennes intercalados, no favorece a las mariposas, en un paisaje donde no hay humedales. El índice de respuesta de cuatro especies de reptiles es poco influido en los tres escenarios, aunque mejora levemente en el escenario de Biodiversidad.

La mejora de la mayoría de los indicadores en el escenario de la Biodiversidad era esperable. Lo que resultó una sorpresa es que los usos de la tierra y las prácticas de manejo en el escenario de la Biodiversidad son tan rentables como las prácticas actuales, resulta en el mosaico visualmente preferido por los granjeros y mejora la calidad de agua a niveles muy parecidos a los del escenario de Calidad de Agua.

El ejemplo muestra que es posible evaluar de manera científica las consecuencias de políticas de uso o conversión de la tierra. Esta metodología se ha empleado en paisajes homogeneizados para generar escenarios que tiendan a incrementar la heterogeneidad espacial, creando paisajes multifuncionales (Lovell y Johnston, 2009; Carpenter y Folke, 2006; Tress y Tress, 2003). Ha desencadenado una actividad importante en diseño y arquitectura de paisajes; esto es, en la creación de paisajes sobre la base de conocimientos científicos geológicos, geomorfológicos, edáficos, ecológicos, sociales, históricos y prehistóricos (Brandt *et al.*, 2000).

Para aquellos que trabajan en paisajes todavía no muy convertidos pero en vías de conversión, resulta interesante el estudio de los escenarios prospectivos, que permiten deducir cuáles serían las con-

secuencias funcionales de los cambios de uso de la tierra en presencia de escenarios diversos. Estimulan el trabajo en grupos interdisciplinarios y facilitan la formación ambiental de los pobladores locales y funcionarios públicos.

Algunas barreras a sortear

El enfoque físico-humano de la ecología de paisajes, tal como lo concebimos hoy, exige el trabajo en equipo con investigadores de disciplinas diversas, funcionarios públicos, planificadores, gestores y tomadores de decisiones. Los investigadores no somos formados para trabajar en grupos interdisciplinarios. Nos cuesta entendernos con pares de otras disciplinas y mucho más con personas del mundo no académico. Esta situación puede mejorar al nivel de postgrado, si el director de tesis pertenece a un grupo interdisciplinario y si el estudiante percibe que hay un mundo más allá de su disciplina de grado.

Mi recomendación a los biólogos y ecólogos para empezar a traspasar esta barrera es que tratemos de hacer el ejercicio de enmarcar nuestro proyecto en el contexto del paisaje como sistema complejo sociedad-naturaleza y nos preguntemos cuáles serán los efectos de los resultados de nuestra investigación biológica o ecológica en el funcionamiento global del paisaje, o qué esperamos que ocurra con el capital natural (bienes y servicios del paisaje) si nuestras hipótesis se verifican y si se rechazan. En el proceso, pueden nutrirnos las consultas con investigadores en otras disciplinas.

Otra barrera se presenta en la transferencia de la información a los funcionarios del Estado en los diversos niveles jurisdiccionales. De la misma manera que en las carreras universitarias cada materia es un enclave aislado del resto de materias, en la estructura del Estado cada ministerio y secretaria es un enclave aislado. Esta es, en parte, la razón por la cual surgen tantos conflictos en la gestión. No es inusual que mientras un área legisla para proteger el ambiente, otra legisla para promocionar actividades que deterioran o lo degradan. Sería altamente deseable que así como existe un gabinete de Ministros, que son políticos y discuten mayormente la distribución del presupuesto, hubiera un gabinete de técnicos de los ministerios y secretarías, que pudieran articular los proyectos, centrándose en el paisaje como contexto de todos ellos. Por supuesto, muchos si no todos los conflictos, se solucionarían con la

tan mentada Ley de Ordenamiento Territorial Ambiental. De esta manera incrementarían las probabilidades de dar cumplimiento a la Constitución Nacional.

Conclusión

He presentado una de las varias alternativas para enfocar la ecología de paisajes desde el paisaje, con el paisaje como objeto de estudio y contexto de la planificación. La alternativa de diseñar paisajes

futuros en función de escenarios deseados me pareció estimulante para la creatividad de científicos, técnicos y funcionarios públicos responsables de las normas de uso y manejo de los recursos. También considero que es una manera no tan complicada para aquellos biólogos y ecólogos, sociólogos y antropólogos, entre otros, que estudian uno de los componentes del sistema y que aceptan la sugerencia de encuadrar su proyecto y los resultados en el contexto más general.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AHERN, J. 1999. Spatial concepts, planning strategies and future scenarios: a framework method for integrating landscape ecology and landscape planning. *In: J. Klopatek and R. Gardner (eds.) Landscape Ecological Analysis: Issues and Applications*. Springer-Verlag Inc. New York. Pp. 175-201.
- ANTROP, M. 2006. Sustainable landscapes: contradiction, fiction or utopia? *Landscape and Urban Planning* 75: 187-197.
- BAILEY, N.; J.T. LEE and S. THOMPSON. 2006. Maximizing the natural capital benefits of habitat creation: spatially targeting native woodland using GIS. *Landscape and Urban Planning* 75: 227-243.
- BLASCHKE, T. 2006. The role of the spatial dimension within the framework of sustainable landscapes and natural capital. *Landscape and Urban Planning* 75: 198-226.
- BRANDT, J.; B. TRESS and G. TRESS. 2000. Multifunctional Landscapes: Interdisciplinary Approaches to Landscape Research and Management. - Conference on "multifunctional landscapes", Centre for Landscape Research, Roskilde. 264 pag.
- BRUNCKHORST, D.; P. COOP and I. REEVE. 2006. 'Eco-civic' optimization: a nested framework for planning and managing landscapes. *Landscape and Urban Planning* 75: 265-281.
- BRUNTLAND, G. (ed.). 1987, Our Common Future, Oxford University Press, Oxford.
- CARPENTER, S.R. and C. FOLKE. 2006. Ecology for transformation. *Trends in Ecology and Evolution* 21(6): 309-315.
- CARPENTER, S.R.; L. PRABHU; E. PINGALI; M. BENNETT and M.B. ZUREK (eds.). 2005. Millenium Ecosystems Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Scenarios, Volume 2. Island Press, Washington.
- CLARK, W.C. and N.M. DICKSON. 2003. Sustainability science: The emerging research program. *Proceedings of the National Academy of Science* 100: 8059-8061.
- De GROOT, R. 2006. Function analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multifunctional landscapes. *Landscape and Urban Planning* 75: 175-186.
- De GROOT, R.S.; J. PERK; A. VAN DER; CHIESURA and S. MARGULIEW. 2000. Ecological functions and socio-economic values of critical natural capital as a measure for ecological integrity and environmental health. *In: P. Crabbé (ed.) Implementing Ecological Integrity*. Kluwer Academic Publishers Pp. 191-214.
- DOKUCHAEV, V.V. 1898. Study of zones in natures (en ruso) citado por Sukachev y Dylis, 1964.
- FORMAN, R.T.T. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology* 10: 133-142.
- FORTIN, M.J. and A.A. AGRAWAL. 2005. Landscape ecology comes of age. *Ecology* 86(8): 1965-1966.
- HAINES-YOUNG, R.H. 2000. Sustainable development and sustainable landscapes: defining a new paradigm for landscape ecology. *Fennia* 178: 7-14.
- HAINES-YOUNG, R.H.; C. WATKINS and C. WALE. 2006. Modelling natural capital: the case of landscape restoration on the South Downs, England. *Landscape and Urban Planning* 75: 244-264.
- HOBBS, R.J. 1999. Clark Kent or Superman: where is the phone booth for landscape ecology? *In: J.M. Klopatek y R.H. Gardner (eds.) Landscape ecological analysis. Issues and applications*, Springer, New York. Pp. 11-23.

- HOLLING, C.S. 1973. Resilience and stability in ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 1-24.
- IVERSON NASSAUER, J. and R.C. CORRY. 2004. Using normative scenarios in landscape ecology. *Landscape Ecology* 19: 343-356.
- JANTSCH, E. 1970. Inter- and transdisciplinary university: a systems approach to education and innovation. *Policy Sciences* 1: 403-428.
- KATES, R.; W. CLARK; R. CORELL; J. HALL; C. JAEGER; I. LOWE; J. MCCARTHY; H-J. SCHELLNHUBER; B. BOLIN; N. DICKSON; S. FAUCHEUX; G. GALLOPIN; A. GRUBLER; B. HUNTLEY; J. JAGER; N. JODHA; R. KASPERSON; A. MABOGUNJE; P. MATSON and H. MOONEY. 2001. Sustainability science. *Science* 292: 641-642.
- KÄYHKÖ, N. and H. SKÅNES. 2006. Change trajectories and key biotopes-assessing landscape dynamics and sustainability. *Landscape and Urban Planning* 75: 300-321.
- KIEFFER, S.W.; P. BARTON; A.R. PALMER; P.H. REITAN and E. ZEN. 2003. Megascale events: Natural disasters and human behavior. Geological Society of America Abstracts with programs: 432.
- LOVELL, S.T. and D.M. JOHNSTON. 2009. Designing landscapes for performance based on emerging principles in landscape ecology. *Ecology and Society* 14(1): 44. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art44/>
- MATTEUCCI, S.D. 2010. El paisaje desde la ecología de paisajes. *Fronteras* 9: 1-4.
- PETERSON G.D.; G.S. CUMMING and S.R. CARPENTER. 2003. Scenario planning: a tool for conservation in an uncertain world. *Conservation Biology* 17: 358-366.
- POTSCHIN, M.B. and R.H. HAINES-YOUNG. 2006a. Landscapes and sustainability. *Landscape and Urban Planning* 75: 155-161.
- POTSCHIN, M. and R. HAINES-YOUNG. 2006b. "Rio + 10", sustainability science and Landscape Ecology. *Landscape Urban Planning* 75: 162-174.
- REITAN, P. 2005. Sustainability science - and what's needed beyond science. *Sustainability: Science, Practice, & Policy* 1: 77-80
- SANTELMANN, M.; D. WHITE; K. FREEMARK; J. NASSAUER; J. EILERS; K VACHÉ; B. DANIELSON; R. CORRY; M. CLARK; S. POLASKY; R. CRUSE; J. SIFNEOS; C. COINER; J. WU and D. DEBINSKI. 2004. Assessing alternative futures for agriculture in the U.S. Cornbelt. *Landscape Ecology* 19: 357-374.
- SUKACHEV, V.N and N. DYLLIS. 1964. Fundamentals of forest biogeocoenology. Traducción del ruso por J.M. MacLennan. Ed. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- TRESS, B. and G. TRESS. 2002. Disciplinary and meta-disciplinary approaches in landscape ecology. In: O. Bastian and U. Steinhardt (eds.) Development and perspectives of landscape ecology. Kluwer Academic Press, Dordrecht. Pp: 25-37.
- TRESS, B. y G. TRESS. 2003. Scenario visualisation for participatory landscape planning-a study from Denmark. *Landscape and Urban Planning* 64: 161-178
- TRESS, G.; B. TRESS and G. FRY. 2004. Clarifying integrative research concepts in landscape ecology. *Landscape Ecology* 20: 479-493.
- TURNER, M.G.; R.H. GARDNER and R.V. O'NEIL. 2001. Landscape Ecology in theory and practice. Pattern and processes. Springer-Verlag, New York.
- UNEP. 2002. Global environment outlook 3, Past, present and future perspectives, United Nations Environment Programme (UNEP). Earthscan Publications, London. <http://www.unisdr.org/eng/library/Literature/8762.pdf>
- WIJNHOFEN, A.L.J. (ed.). 1981. Perspectives in Landscape Ecology. Proceedings of the International Congress of Landscape Ecology. Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- ZONNEVELD, I. 1995. Land Ecology. SBP Academic Publishing, Amsterdam.
-