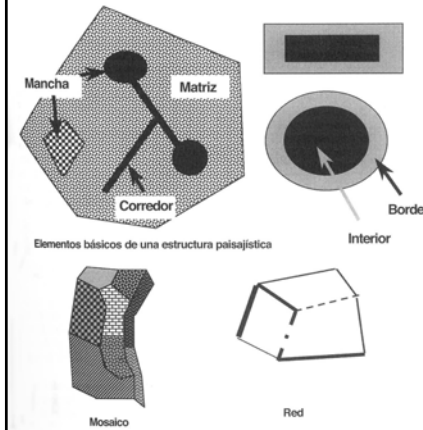


Paisaje y territorio
Componentes, estructura y función. Modelos.
Ecología de Sistemas I. Curso 08-09 A Gómez Sal

Elementos estructurales del paisaje

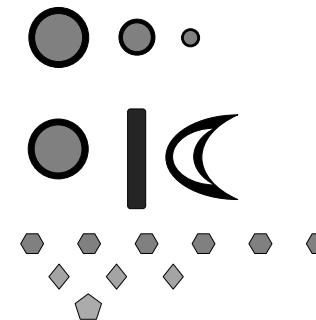


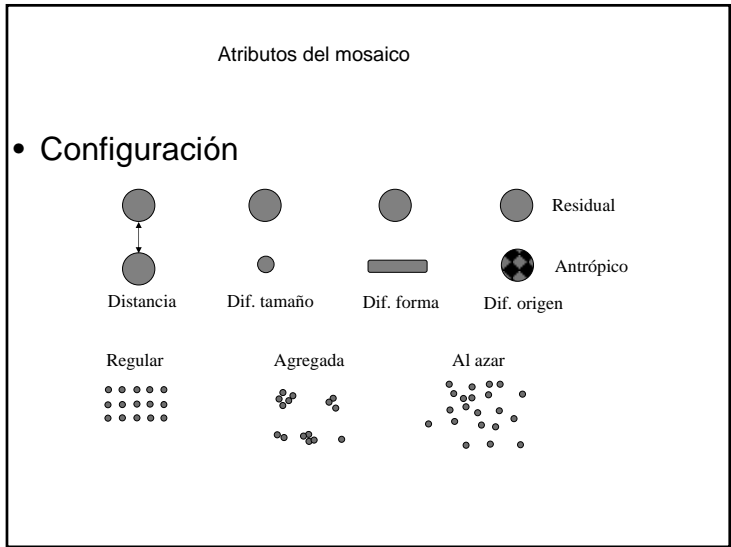
¿Qué es una mancha?

- Área internamente homogénea a la escala considerada; diferente de lo que la circunda
- Piezas básicas del mosaico del paisaje (tesela, *patch*, fragmento)
- Sus características tienen importantes implicaciones ecológicas

Atributos de las manchas

- Tamaño
- Forma
- Número





Spatial concepts

Interface of Empirical and Intuitive Knowledge
(rational knowledge complemented with creative insights)

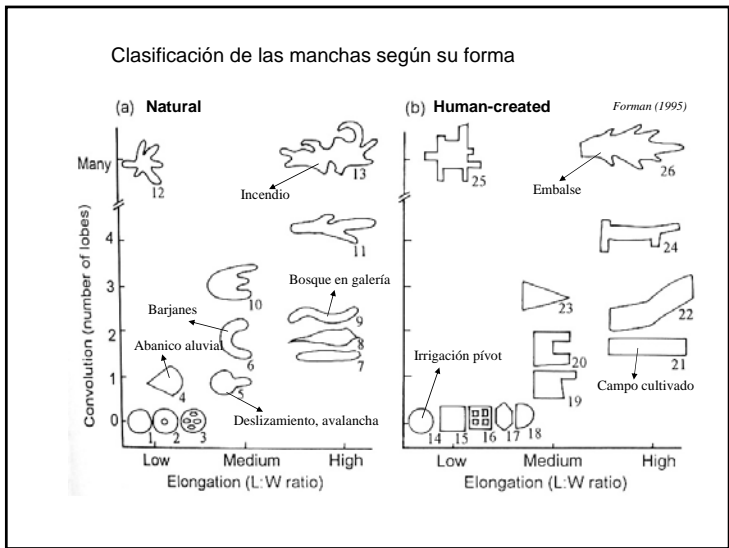
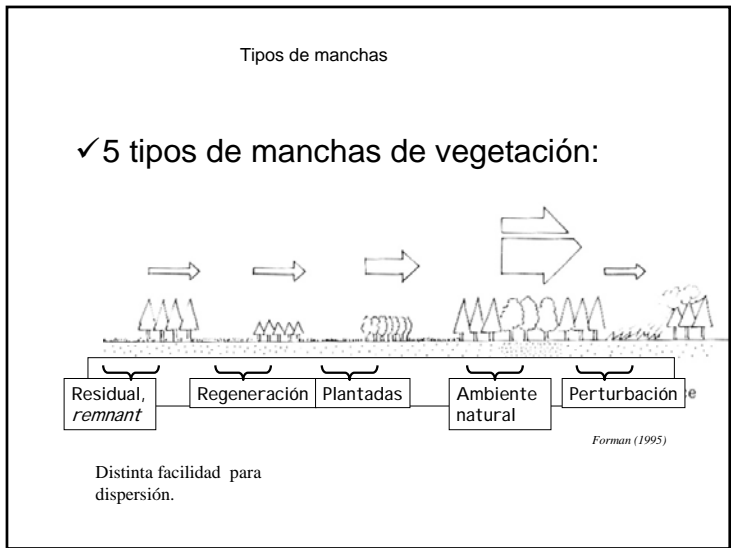
Essential Support for Proactive Planning

Can Structure and Inspire the Planning Process

(contenido, rejilla, interdigitación, segregación, red-telaraña -, trama - urdimbre-, espontaneo)

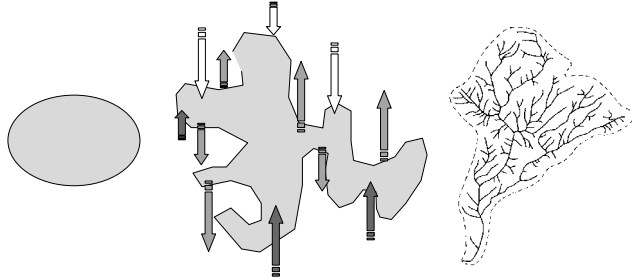
J. Arhem, 2008

Spatial Concept	Examples & References	Metaphors & Synonyms	Diagram
Containment	<ul style="list-style-type: none"> • Cleaner • Fortification • Greenbelt • Refuge 	<ul style="list-style-type: none"> • Border • Barrier • Wall • Harness • Levee 	
Grid	<ul style="list-style-type: none"> • U.S. 1785 Land Ordinance Survey • International School • Forman 1996a 	<ul style="list-style-type: none"> • Network • Rational • Authority • Egalitarian • Anthropocentric 	
Interdigitation	<ul style="list-style-type: none"> • The New Urbanism (MacKay, 1962) • Eutectic Language (Alexander et al 1977) • Forman 1996a 	<ul style="list-style-type: none"> • Symbiosis • Harmony • Biocentric • Interdependent • Complementary 	
Segregation	<ul style="list-style-type: none"> • Compartment Model (Odum, 1989) • Euclidian Zoning (USA) • MAB Biosphere Reserves 	<ul style="list-style-type: none"> • Constricted • Strategic • Competitive • <i>quid pro quo</i> 	
Network	<ul style="list-style-type: none"> • National Ecological Network (Netherlands) • U.S. Interstate Highway System 	<ul style="list-style-type: none"> • Integrated • Linked • Nodes & Corridors • Stepping-Stones 	
Framework	<ul style="list-style-type: none"> • CAMCO, Plan Noor (de Boer et al 1987) • Hydrological Framework (van Haaren & Korfman, 1993) 	<ul style="list-style-type: none"> • Integrated Network • Topological & Chemical • Low Dynamic 	
<i>Laissez faire (defacto no strategy)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Suburban sprawl (Garcera, 1961) • Ediac City (Garcera, 1991) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mosaic • Individualistic • Dynamic • Free-Market • Competitive 	



Forma de las manchas

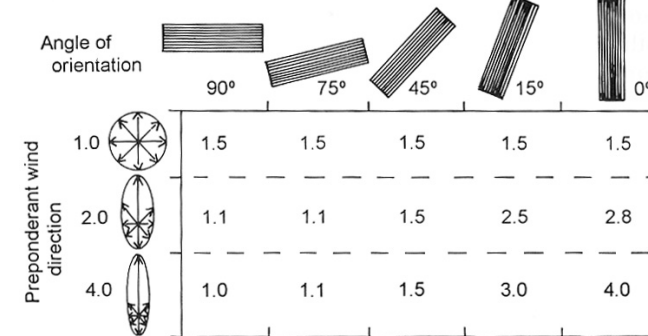
- Consecuencias de la forma:



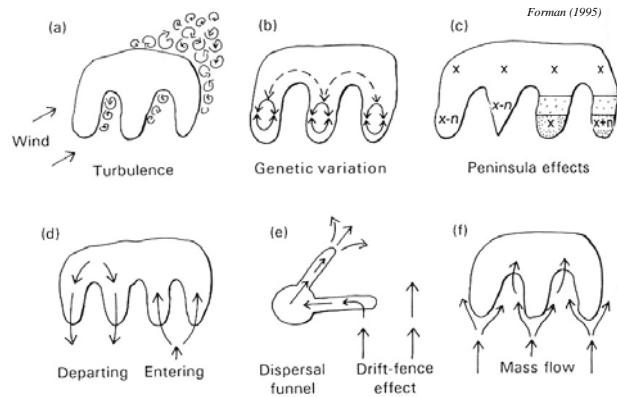
Forma de las manchas

(a) Wind erosion potential in fields

Forman (1995)



Posibles consecuencias de la forma



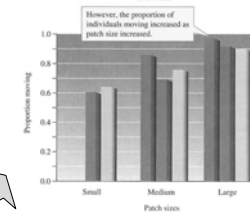
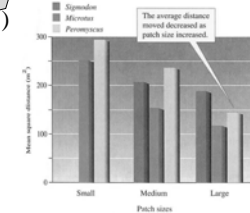
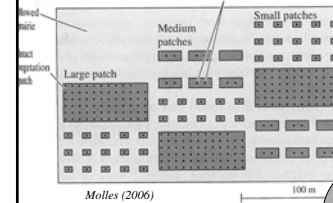
Forman (1995)

Tamaño de las manchas

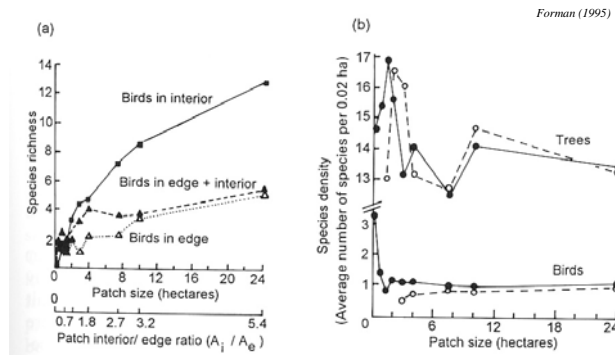
✓ Estudio de Diffendorfer *et al.* (1995)

The researchers mowed natural prairie to create replicate microlandscapes with small, medium, or large patches of intact vegetation.

Dots show locations of live traps for small mammals.

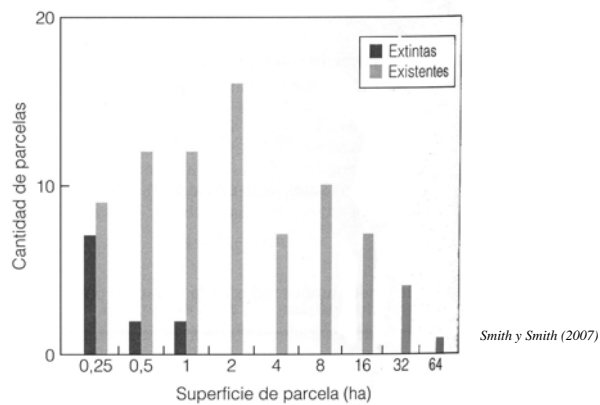


Tamaño de las manchas



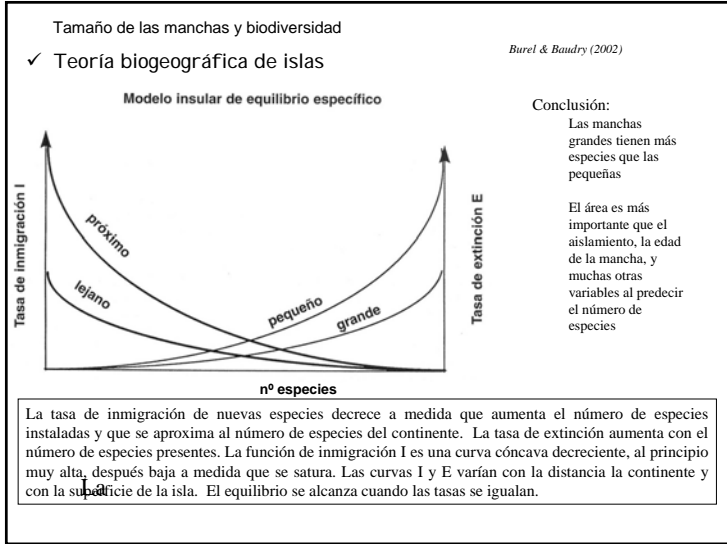
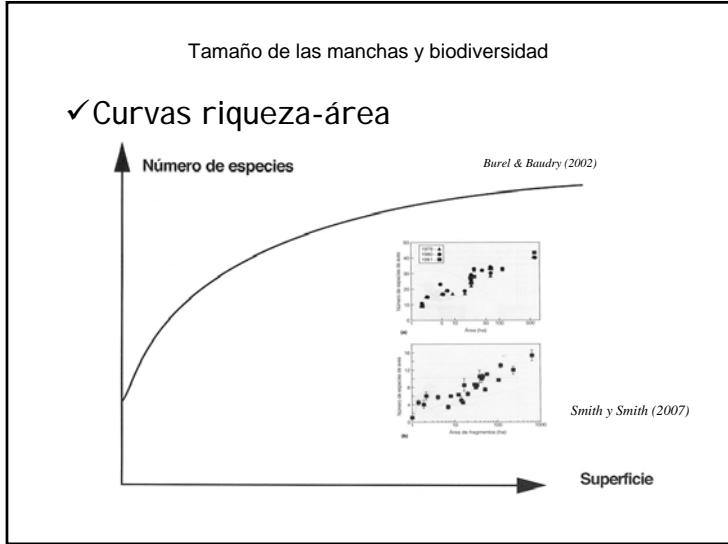
- ¿Qué es ecológicamente mejor, una mancha grande o una pequeña (*LOS=large or small patch*)?
- ¿Qué es mejor una mancha grande o varias pequeñas (*SLOSS= single large or several small patches*)?

Implicaciones del tamaño de las manchas

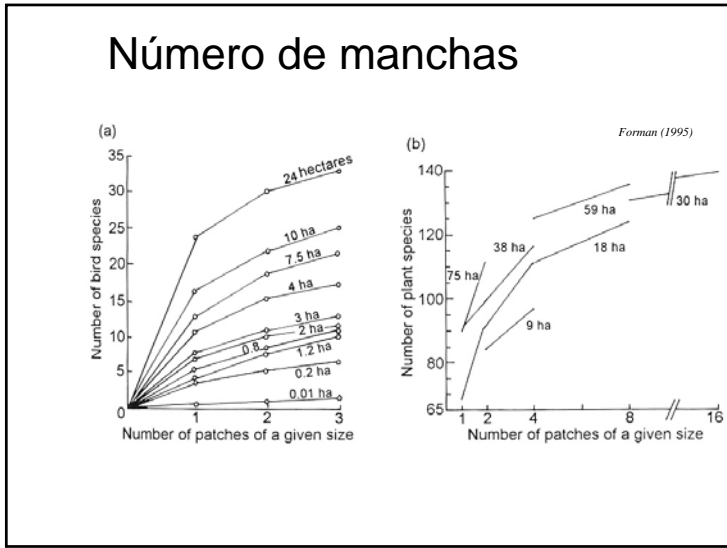


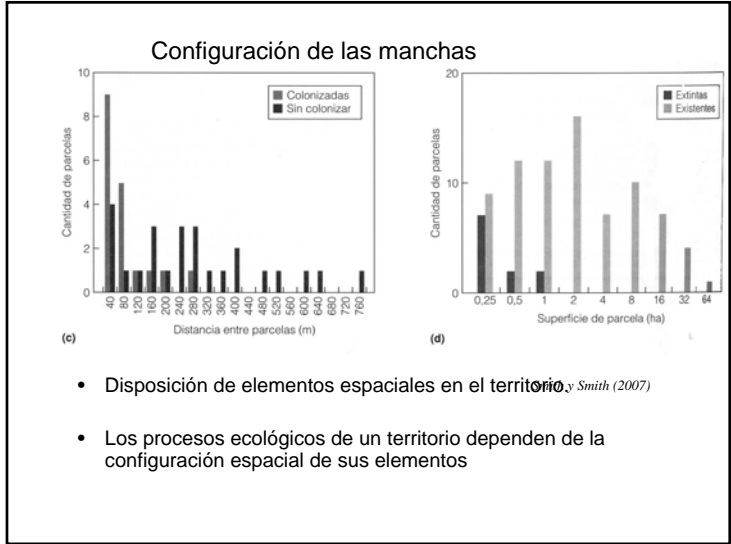
Tamaño de las manchas

- Incendios, tornados y plagas pueden afectar a una mancha completa, pero es menos probable que devaste varias manchas
- Desventaja ecológica del movimiento entre manchas (más problemas que en el interior de las manchas).
- “Es evidente que conocemos poco sobre los efectos ecológicos del tamaño de las manchas sobre los procesos ecosistémicos” (Forman, 1995)
- Hay que tener en cuenta otros aspectos, sociales, económicos y otros (dimensiones valorativas, compromisos funcionales).



- Número de manchas
- Cuestión “SLOSS” (*single large or several small patches*)?
 - No hay acuerdo (Reese, 2001):
 - Plantas, invertebrados, reptiles y anfibios: varias islas pequeñas tienen mayor diversidad de especies
 - Aves y mamíferos: una gran mancha tiene mayor riqueza de especies. En el medio terrestre tienen importancia de los centros de isla (core). Aparecen límites/periferias, que no se dan en las islas marítimas.
 - *Depende del espacio vital/area de campeo que necesitan*





Límites y bordes

- Ecotono: zona de transición entre dos comunidades estructuralmente diferentes
- Borde: lugar donde se juntan dos o más tipos de vegetación o de ecosistemas

Ruiz (1993)

Límites y bordes

- Bordes y ecotonos

(a) Actuación humana

(b) Incendio

(c) Avance del bosque

(d)

Smith y Smith (2000)

Límites y bordes

- Contraste en el borde, importante para aumentar la riqueza de especies

Smith y Smith (2000)

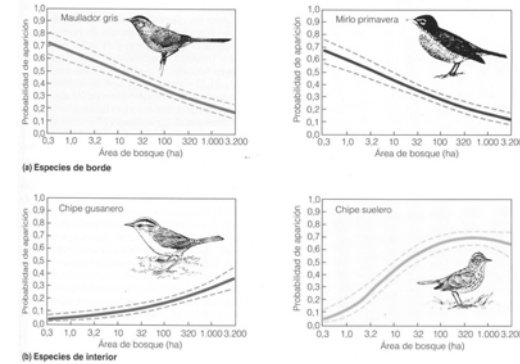
Efecto de borde

- Efecto de borde: Respuesta de los organismos a las condiciones ambientales creadas por el borde. Posibilidades de aprovechar recursos más variados. Complementariedad.
 - Diferente composición y abundancia de especies
- Especies de borde: se encuentran principalmente cerca del perímetro de un elemento del paisaje

Límites y bordes

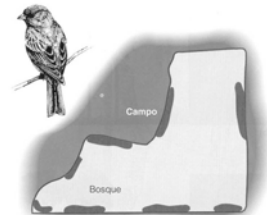
- Relación tamaño de hábitat-especies de borde/interior

Smith y Smith (2000)



Bordes

- Características de los bordes:
 - Gran riqueza de especies animales y vegetales (generalistas o multihábitat)
 - Variadas e importantes funciones en el contexto territorial



Territorios de una especie de borde (*Passerina cyanea*) colorín azul

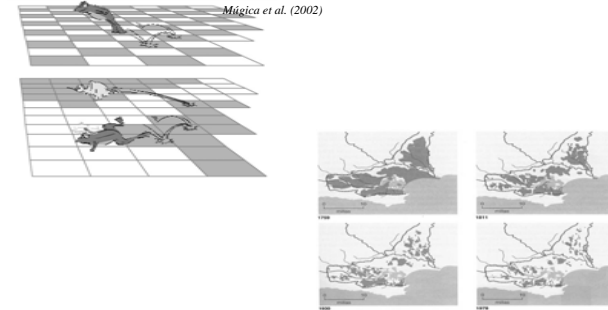
Funciones de los bordes de un paisaje

- Hábitat
- Filtro (barrera)
- Conducción
- Fuente
- Sumidero

Fragmentación

- División de elementos del paisaje en fragmentos de menor tamaño
- Pérdida de hábitat y aislamiento de los hábitats
- Proceso continuo y dinámico
- Análisis usando dos fundamentos teóricos:
 - Teoría biogeográfica de islas (MacArthur y Wilson, 1967)
 - Teoría de metapoblaciones (Levins, 1969)

Fragmentación

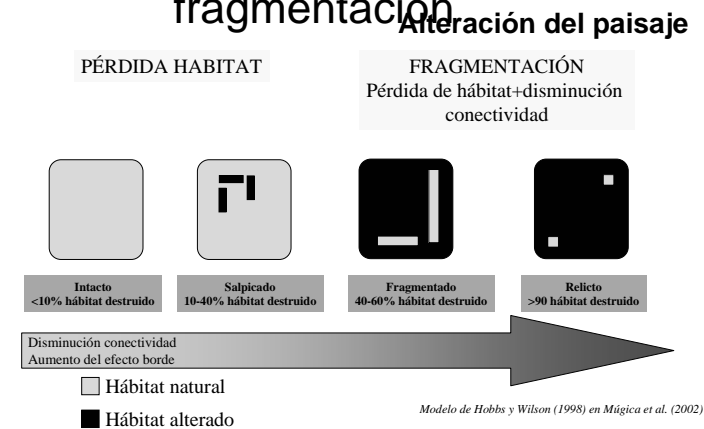


Causas de la fragmentación del paisaje

- Expansión urbanística y de infraestructuras
- Procesos de industrialización
- Agricultura y silvicultura intensivas
- Cambios de uso (matorralización tras abandono)



Consecuencias de la fragmentación



Consecuencias de la fragmentación

- Pérdida de hábitat
- Alteración del patrón de fronteras
- Aislamiento de los fragmentos en el paisaje
- Aumento de la matriz
- Pérdida de conectividad
- Dependencia de corredores
- Efecto de borde

Consecuencias de la fragmentación

- Atención a la escala!
- Procesos más afectados:
 - La dispersión de semillas
 - La polinización de las plantas
 - Las relaciones de depredador-presa
 - La dispersión de parásitos y epidemias

Consecuencias de la fragmentación

- Amenaza la supervivencia de los organismos afectados:
 - Disminución de la disponibilidad de superficie del hábitat: reducción del tamaño de las poblaciones
 - Reducción de los fragmentos: aumento en la relación perímetro-superficie
 - Aislamiento de los fragmentos: dificultad de intercambio de individuos

Consecuencias de la fragmentación

- Disminución de la superficie de hábitat natural en favor de usos antrópicos del territorio
- Reducción del tamaño de los fragmentos, por la división de superficies más o menos amplias en fragmentos de menor tamaño (perjudicial para especies de interior)

Fragmentación del paisaje en ambiente mediterráneo

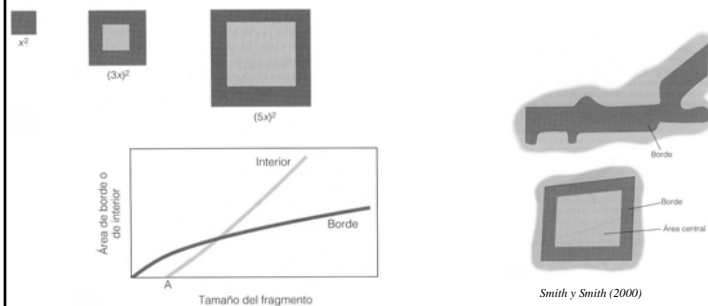
- Procesos de humanización del territorio (matorralización, adehesamiento, policultivos, terrazas /huertas, cañadas) originan paisajes heterogéneos
- Ocasionalmente mayor diversidad que en sistemas sin manejo. Pero...el significado de la diversidad debe ser interpretada en su contexto. ¿Qué diversidad? ¿Que especies?.
- No se ha llegado al umbral de pérdida de hábitat ni de ruptura de patrones horizontales de los ecosistemas (flujos hidrogeológicos, procesos de acumulación, transporte y sedimentación, etc.)
- Fase de paisaje "salpicado o jaspeado"(Múgica *et al.*, 2002)

Fragmentación y tamaño y forma de las manchas

- Los fragmentos mayores tienen poblaciones más numerosas (mayor prob. de supervivencia después de una perturbación)
- Los fragmentos alargados tienen más longitud de borde

Fragmentación y tamaño y forma de las manchas

- Relación borde/interior:
 - Tamaño, forma y distribución de los fragmentos



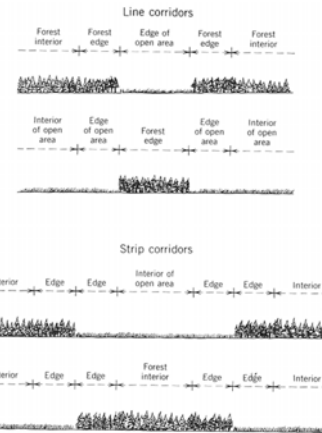
Elementos lineales

Definición de elemento lineal (*line*, *corridor*)
Tipos de elementos lineales
Atributos y propiedades ecológicas de los elementos lineales
Aplicaciones a la planificación

Elementos lineales

- Franja longitudinal que difiere del terreno adyacente en ambos lados
- Concepto ambiguo: hábitat lineal o corredor *sensu stricto* (funciones de conectividad)
- Conectividad ecológica (procesos en el paisaje/territorio). Corredor biológico (para dispersión de especies).
- *Conceptos científicos, distinguir bien de términos populares como pasillo verde, vía verde, etc.*

Tipos de elementos lineales



Corredores lineales (*linear corridor*).
Especies de borde

Corredores amplios. Franja (*strip corridor*). Ambiente interno.

Ríos y riberas (*stream corridor*). Bordes de cursos de agua

Forman & Godron (1986)

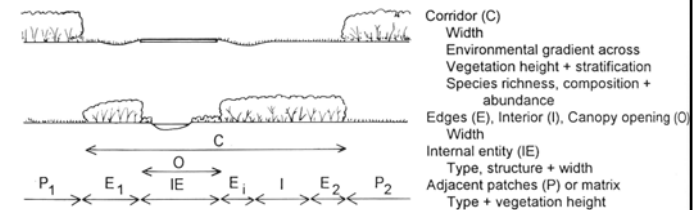
Origen de los elementos lineales

- De perturbación (ferrocarril, carreteras)
- Dependientes de las condiciones ambientales (cursos de agua)
- Residuales (líneas de árboles en zonas desboscadas)
- De regeneración (áreas verdes urbanas)
- Plantados o introducidos (setos, líneas)



Atributos de los elementos lineales

• Estructura interna



Forman (1995)

Funciones de los setos y otras líneas de vegetación

- Hábitat
- Corredores para especies forestales
- Efecto barrera
- Refugio de fauna silvestre
- Control biológico de plagas
- Guía para el sónar



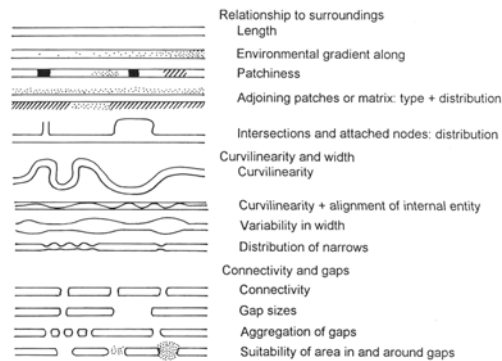
Blanco (1993)

Funciones de las tapias y otras vallas

- Efecto sobre fauna y flora poco documentado
- Cortavientos, corta escorrentía, facilitan el crecimiento de vegetación, dan lugar a setos
- Barrera para el desplazamiento de ganado
- Refugio de reptiles y micromamíferos

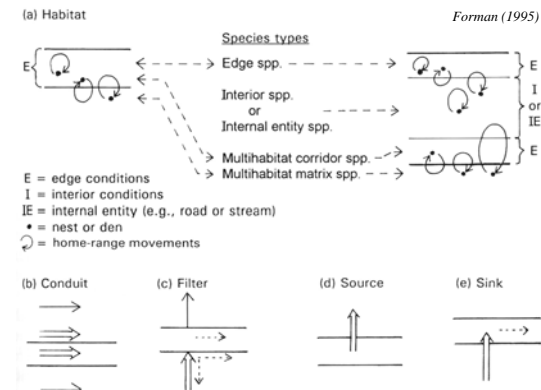
Atributos de los elementos lineales

• Estructura externa

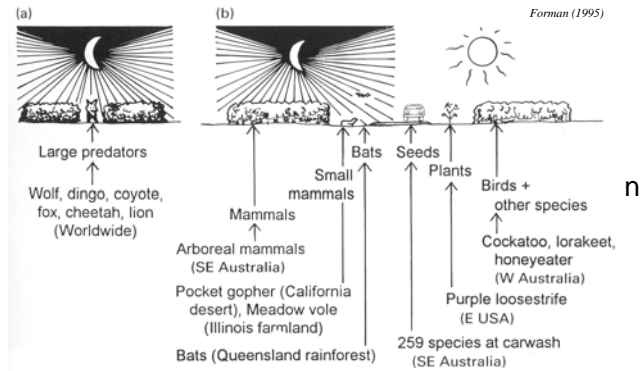


Forman (1995)

Funciones de los elementos lineales



Funciones de las vías de comunicación



Funciones de las vías de comunicación

- Originan cambios en los flujos hidrológicos y de erosión
- Facilitan la distribución, frecuencia e intensidad de las alteraciones de paisaje (incendios, basuras, furtivismo, etc.)
- Pueden provocar la fragmentación de hábitat forestales
- Cortafuegos: efecto beneficioso del efecto barrera
- Efecto borde: valores variables de distancia

Problemas de los corredores



- La percepción de un corredor depende de la especie
- Corredores más amplios disminuirán la probabilidad de que los depredadores encuentren a sus presas
- Actúan como conducto para la invasión de especies exóticas o patógenos

Aplicaciones a la planificación

- Corredores ecológicos
 - Tres definiciones: estructural, funcional, gestión
 - Calidad visual del paisaje
 - Accesibilidad a espacios naturales
 - Puntos de paso
 - Corredores discontinuos (*stepping stones*)
 - Estudios a escala detallada de grano muy fino

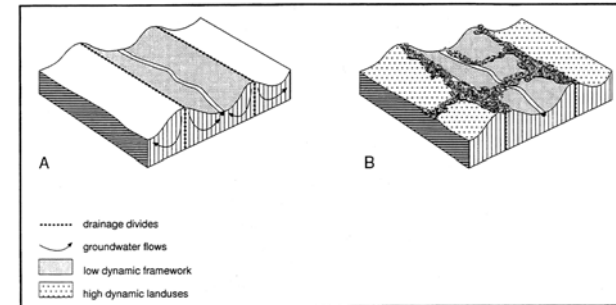
Urban Sustainability Planning and Design Principles
(Arhem,2008)

A) Hydrology: the integrating process, fundamental to sustainability, and (arguably) the primary generator of sustainable spatial form.

B) Connectivity: integrating and linking neighborhoods, communities and regions to counter fragmentation and support particular desirable functions (hydrology, wildlife movement, transportation, recreation).

C) Multiple Use: promotes spatial and economic efficiency, raises visibility, gains political support = capacity to resist pressure for land use change.

D) Learn-by-Doing: practice adaptive planning and design, through experimental design, monitoring, and continuous evaluation and adaptation.



Casco, Framework Concept
(Van Buuren and Kerkstra 1993)

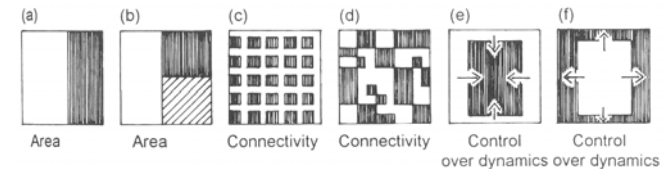
• Green Infrastructure

- Integrated networks/systems of built and protected/managed urban ecosystems that provide multiple, complementary functions in support of urban sustainability. (*Ahern, 2007)
- Focus on the Built Environment (*ecology IN, and ecology OF the city*)
- Integration Across Scales (*metro - to neighborhood - to site*)
- Employs Full Suite of Strategic Approaches (*protective, defensive, offensive and opportunistic*)
- Spatially Structured by Hydrology

Pickett, et al 2004. Resilient Cities: meanings, methods, Metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms.

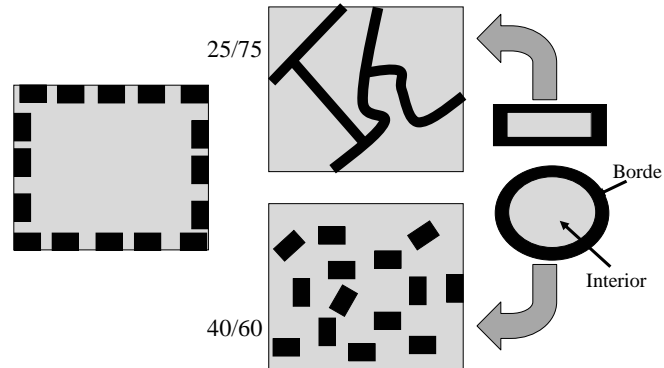
Ahern, J. 2007. "Green Infrastructure for Cities: the Spatial Dimension"

Matriz del paisaje
• Componente dominante de un mosaico paisajístico



Forman (1995)

Forma de la matriz

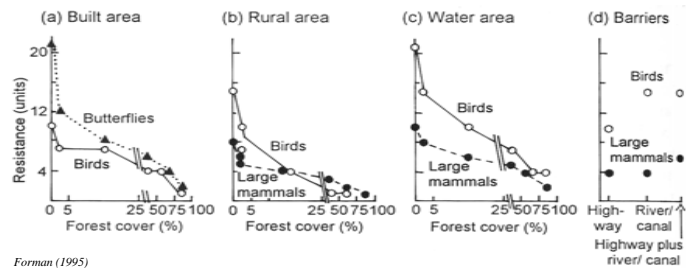


Dinámica de la matriz

- Importantes implicaciones en el cambio del mosaico paisajístico
- Resistencia y heterogeneidad
 - Resistencia del paisaje: número de límites por unidad de longitud de ruta
 - Heterogeneidad: depende de la escala

Dinámica de la matriz

- Resistencia de diferentes tipos de matriz o barrera al movimiento de especies
- La resistencia al movimiento de especies es menor cuando aumenta la cobertura de bosque



Mosaicos

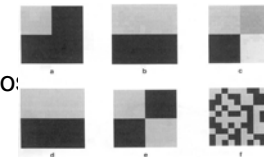
- Definición de mosaico
- Heterogeneidad del paisaje
- Causas de la heterogeneidad
- Propiedades de los paisajes heterogéneos
- Cuantificación de la heterogeneidad

Definición de mosaico

- Patrón de teselas, elementos lineales y matriz, cada uno compuesto de pequeños objetos agregados de manera parecida
- El tamaño medio de estos elementos define el grano del mosaico
- En el paisaje, el contexto (elementos adyacentes, próximos y posición) es más importante que el contenido

Heterogeneidad del paisaje

- Dos componentes:
 - Diversidad de elementos paisajísticos
 - Complejidad de sus relaciones espaciales
- Importancia:
 - Estructura y patrones espaciales del paisaje
 - Flujo de organismos
 - Intercambio de recursos
 - Otros procesos ecológico:

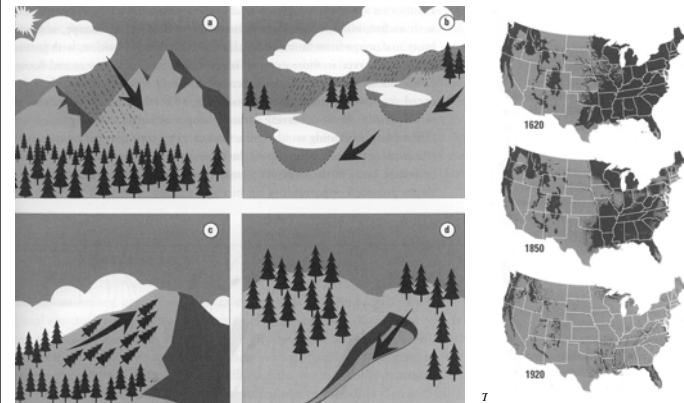


Burel & Baudry

Causas de la heterogeneidad del paisaje

- La heterogeneidad resulta de:
 - Condiciones climáticas, geológicas y edáficas.
 - Patrones topográficos y biogeográficos
 - Historia de los usos del suelo
 - Perturbaciones

Causas de la heterogeneidad del paisaje



7

Causas de la heterogeneidad del paisaje

- Perturbaciones:
 - Crean teselas de diferente edad
 - Algunas perturbaciones son extensas e infrecuentes, otras son continuas y de pequeña escala.
 - Perturbaciones naturales como el fuego
 - Actividad humana: agricultura, construcción de carreteras, etc. Se alteran el patrón natural de la heterogeneidad y también la dinámica de las teselas
- Interacción entre fuentes de heterogeneidad

Propiedades de los paisajes heterogéneos

- Determinadas formas de heterogeneidad facilitan la dispersión y movimiento de especies
- Relación entre heterogeneidad del paisaje y distribución de la biodiversidad
- La permeabilidad basada en un mosaico paisajístico puede alcanzarse bajo determinadas condiciones en paisajes heterogéneos
- Relación entre heterogeneidad y fragmentación
- Relación entre heterogeneidad del paisaje y régimen de perturbaciones como el fuego

Propiedades de los paisajes heterogéneos

- Los ciclos de nutrientes y materiales pueden verse ralentizados en paisajes agrarios heterogéneos
- Una distribución apropiada de teselas formando mosaicos de diferentes tipos de usos del suelo,
 - favorece la acumulación de biomasa
 - formación de suelos
 - retención de nutrientes
 - control de la escorrentía
 - asegura la conectividad entre poblaciones distantes

Cuantificación de la heterogeneidad

- 3 niveles (McGarigal *et al.*, 2002: *Fragstats*):
 - Tesela (mancha). Carácter espacial de teselas individuales
 - Clase. Cantidad y distribución espacial de un tipo de tesela. Puede ser interpretado como índices de fragmentación
 - Paisaje. Representa el patrón espacial del mosaico paisajístico. Interpretación como índices de heterogeneidad porque miden la estructura total del paisaje. Ejemplo: estudios de comunidades de animales salvajes

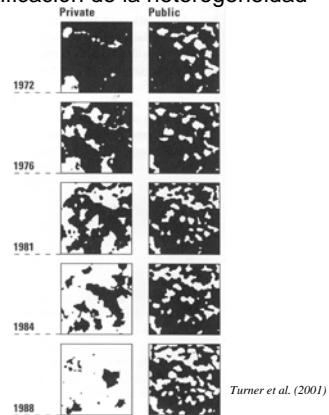
Cuantificación de la heterogeneidad

- Índices del paisaje: algoritmos que cuantifican características espaciales concretas de teselas, clases de teselas o de todo el paisaje
- Multitud de índices disponibles en la literatura
- Dos categorías de índices:
 - Cuantifican la composición del mapa (no referencia a atributos espaciales)
 - Cuantifican la configuración espacial del mapa (requieren información espacial para su cálculo)

Cuantificación de la heterogeneidad

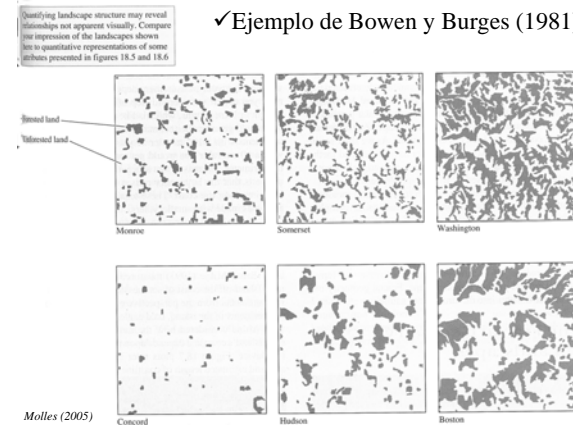
	Tipo de índice	Índice
Composición	Índice para medir la heterogeneidad	Densidad media de una unidad
	Índice para medir la diversidad	Abundancia, riqueza, diversidad, equitatividad, dominancia, fragmentación
Configuración espacial	Índices para medir la interacción entre vecinos	Aislamiento, contraste, interacción, accesibilidad, dispersión, contagio, conectividad
	Índices para medir el tamaño y la forma	Tamaño, forma, dimensión fractal

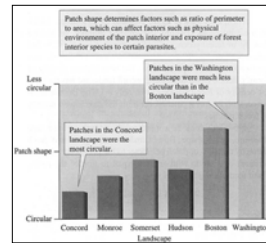
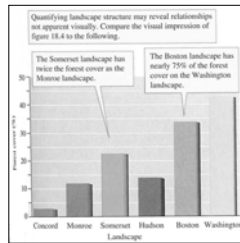
Cuantificación de la heterogeneidad



Cuantificación de la heterogeneidad

✓Ejemplo de Bowen y Burges (1981)





Dinámica. Procesos y transferencias en el paisaje

Procesos y transferencias/flujos en el paisaje

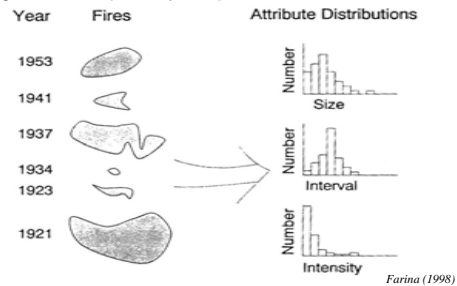
- Perturbación
- Fragmentación
- Conectividad. Permeabilidad
- Procesos vectoriales (flujos de agua, nutrientes, materiales)
- Aplicación de la conectividad a las redes de conservación

Procesos y flujos en el paisaje

- Perturbación
- Fragmentación
- Conectividad. Dispersión y migraciones de especies
- Flujos de agua, nutrientes y materiales

Perturbación

- Evento discreto que modifica la estructura de paisajes, ecosistemas, comunidades y poblaciones
- Relación con estructura y patrón espacial de teselas. Define el destino de las teselas (tamaño, duración)
- Heterogeneidad espacial y temporal



Perturbación

- La nieve controla la distribución de muchas especies vegetales, reduce la estación de crecimiento
- Su distribución está condicionada por topografía y viento



Microtus nivalis

Perturbación

- De origen antrópico:
 - Parecidas a las perturbaciones naturales
 - Alta frecuencia: estrés para la vegetación, disminución de cobertura vegetal, aumento de erosión



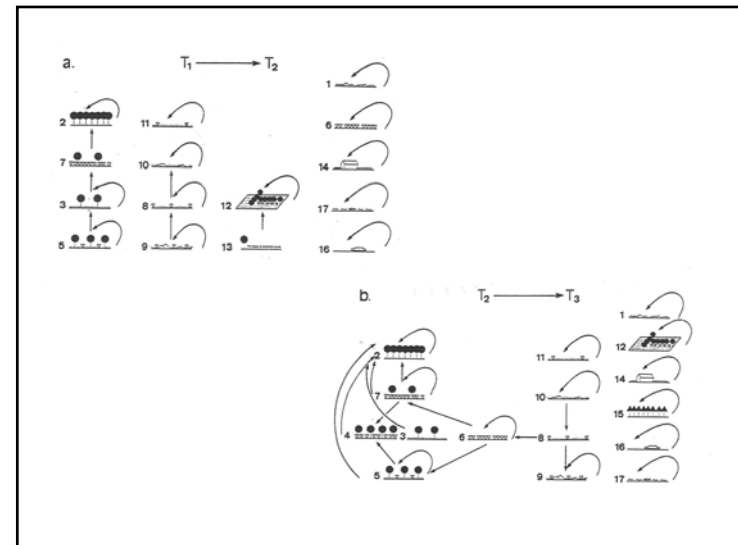
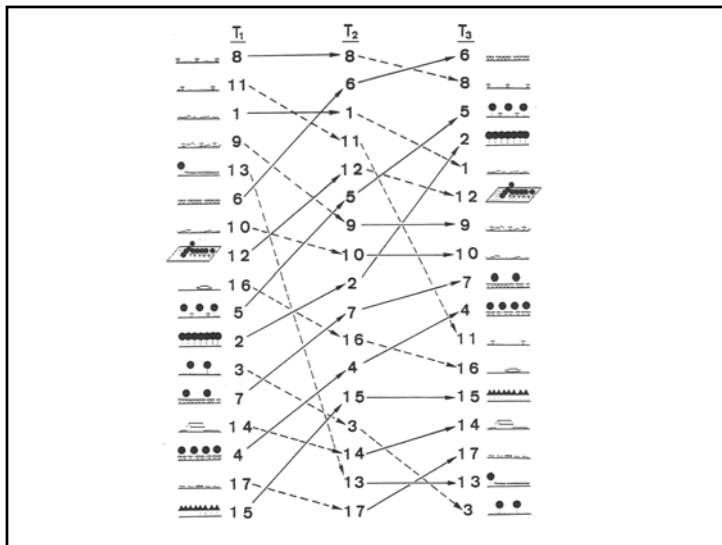
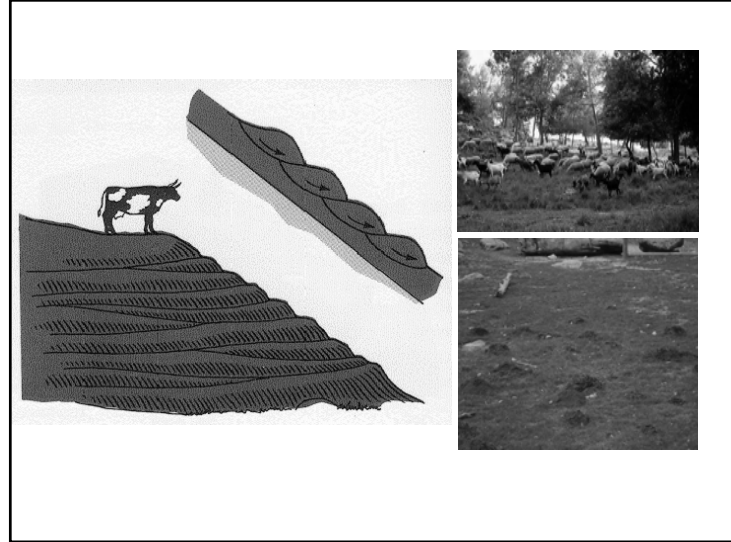
Perturbación

- Pequeños claros en los bosques
 - Eventos locales
 - Regeneración: esencial para la estructura de los bosques y mantener la diversidad de especies



Perturbación

- Animales:
 - Pastoreo
 - Pisoteo
 - Depositiones
 - Hormigueros
 - Topillos



Fragmentación

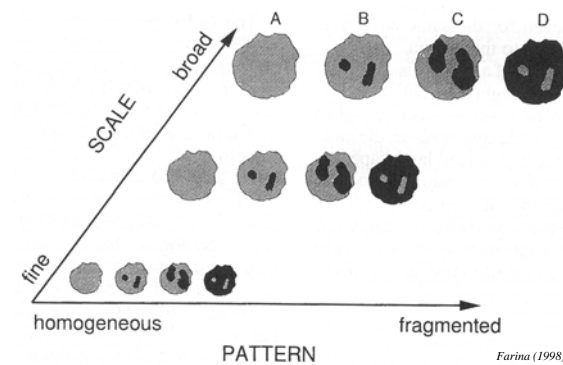
- Proceso continuo
- Considerar matriz y teselas
- Atributos espaciales que cambian
 - Aumento de densidad de teselas, distancia entre teselas, longitud de borde, corredores
 - Disminución de tamaño tesela, conectividad, relación interior/borde, máximo tamaño del centro de las teselas, área total de interior

✓ Efectos en las especies

- Aumento de aislamiento, nº especies generalistas, especies multihábitat, especies de borde, especies exóticas, tasa de extinción
- Disminución de dispersión de especies de interior (especialistas), especies con amplia área vital, riqueza de especies de interior

✓ Efectos en los patrones y procesos

- Aumento de dinámica de metapoblaciones y de endogamia
- Disminución de heterogeneidad de hábitat, tamaño de teselas de perturbación



Conectividad

- Capacidad del territorio para permitir el flujo de una especie entre teselas con recursos (Taylor *et al.*, 1993)
- Conexiones entre hábitats, especies, comunidades y procesos ecológicos a varias escalas espaciales y temporales
- Permite flujos de agua, energía, nutrientes, perturbaciones, organismos y sus genes

Conectividad

- Propiedad del territorio para una especie o conjunto de especies similares desde el punto de vista de sus requerimientos ecológicos y capacidad dispersiva
- Modelos matemáticos que simulan flujos o desplazamientos en el paisaje (movimientos individuales, dinámica de metapoblaciones, etc.)

Conectividad

- En un SIG: mapas de distancias de coste (esfuerzo o la dificultad que supone para una especie alcanzar cada punto del territorio desde los puntos de origen)
- Rutas de mínimo coste entre dos puntos
- Caso singular de conectividad: territorios complementarios

Escala,
Conectividad,
Descriptores



Figura 3.1. Grados de alteración del paisaje. Se representan cuatro grados de alteración del paisaje. Se parte del hábitat natural intacto, el cual va perdiendo superficie de hábitat incrementándose el efecto borde, aislamiento entre los fragmentos y disminución de la conectividad. Modificado de Hobbs y Wilson (1998).

Tabla 5.3. Ejemplos de indicadores ecológicos paisajísticos utilizables para el diseño y la evaluación de redes de conservación.

INDICADORES	PARÁMETROS
Superficie / Tamaño	Superficie total del espacio protegido Superficie de teselas en el espacio / Superficie total
Fragmentación	Número de espacios aislados (fragmentos de la red) Superficie de cada fragmento, tamaño medio de los fragmentos Distancia entre fragmentos
Forma	Área/perímetro Elongación (longitud máxima/área) Tortuosidad del perímetro (perímetro/longitud máxima)
Heterogeneidad	Número de usos del suelo y tipos de vegetación Diversidad de usos del suelo
Conectividad	Longitud de barreras (carreteras y ferrocarril / km) Número de conexiones entre los elementos de la red
Integridad / Perturbación	Superficie urbanizable Superficie ocupada por poblaciones, infraestructuras, industrias, etcétera Distancia a zonas urbanas, carreteras, etcétera

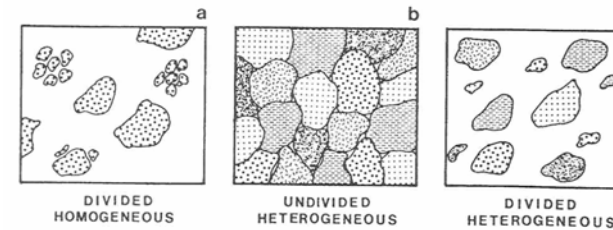
8.2.1 Measures of patch characteristics (see Basic routine in Box 8.1)

Patch size S is the measure of the area of each patch composing a mosaic (Fig. 8.1).

Patch Perimeter L is the measure of the perimeter of each patch composing a mosaic.

Patch shape Many indices exist to measure patch shape, especially in a geographical context. We have selected some used in direct landscape analysis. These indices must be adopted and used with caution because often their precise ecological meaning is not so easily found. The approach to the study of patch shape is important for the consequences that patch regularity/irregularity has on organisms. We assume a circle to be a regular patch; the more irregular a patch the more edges and less interior area are available. An irregular patch probably has more heterogeneous processes than a regular one. Habitat suitability, predation risk and microclimatic stress are some of the direct consequences of an irregular patch. This, of course, is important for some species but not for all. Six indices for calculating patch shape are described:

- Perimeter-area ratio (L/S)**
The perimeter of each patch is divided by its area: L/S where L = perimeter and S = area. This index varies according to the size of the patch even when the shape is constant. See Buechner (1989) for an application to the field study of mammal dispersal.
- Corrected perimeter-area (CPA)**
This index is corrected for solving the size problems of index 1 and varies between 0.0, a perfect circle, and infinity for an infinitely long and narrow shape:
 $CPA = (0.282 \times L) / \sqrt{S}$
- Related circumscribing circle (RCC)**
This index compares the patch size with the size of a circle that can circumscribe the patch:
 $RCC = 2 \times (\text{area}/\pi)^{0.5} / \text{longest axis}$
This index varies between 0.0 and 1.0 as the shape of the patch approaches a circle.
- S1 (Hulshoff 1995)**
 $S1 = 1/Ni \times \sum(Li/Si)$ where Ni is the number of patches of category i in a map, Li is the perimeter and Si the area of each patch in category i . A high value of this index indicates the presence of many patches with small interiors.
- S2 (Hulshoff 1995)** is the measure of isodiametric attributes of patches:
 $S2 = 1/Ni \times \sum(Li^4/\sqrt{Si})$ where Ni is the number of patches of category i , Li is the perimeter and Si is the size of each patch in the category. The further $S2$ is far from 1, the more the patches deviate from an isodiametric shape.
- Fractal dimension D** (see more on fractals in Section 8.3). The complexity of path shape can be measured by regressing the log of patch perimeter L with the log of patch size S :
 $D = 2s$
where s is the slope of the regression.



Possible combinations of patchiness in a heterogeneous landscape (from Addicot *et al.* 1987, with permission).

Heterogeneidad

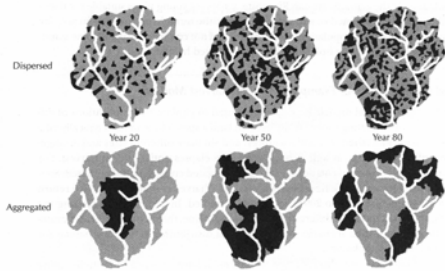
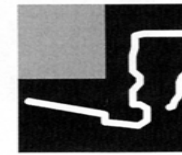
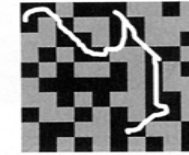


Figure 5.15. Simulated landscape pattern development under two different forest cutting strategies that both clear the same amount of forest area. Black represents areas recently harvested, colored areas represent closed-canopy forest, and white areas are riparian zones along streams. Upper series: the forest is cut in small patches dispersed throughout the watershed; Lower series: harvests are larger and more aggregated within the watershed. Redrawn from Wallin *et al.* 1994.

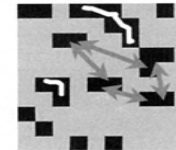
Dos tipos de patrones espaciales: disperso y agregado



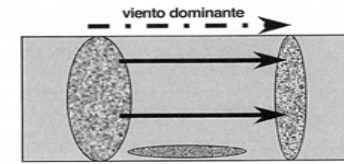
a) Conectividad espacial fuerte. Conectividad biológica fuerte: desplazamiento dentro de una mancha



b) Conectividad espacial media. Conectividad biológica fuerte



c) Conectividad espacial débil. Conectividad biológica muy débil asegurada por los desplazamientos a través de la matriz



d) Conectividad espacial nula. Conectividad biológica asegurada por un mecanismo físico

Conectividad espacial y funcional, base para la gestión/conservación

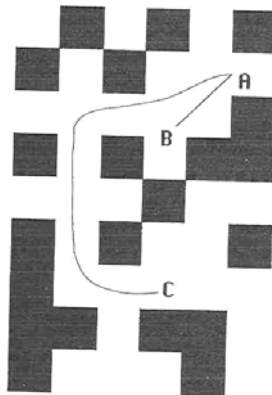


Figure 5.8 In heterogeneous landscapes movement length and complexity are conditioned by the spatial arrangement of patches (from Johnson *et al.* 1992, with permission).

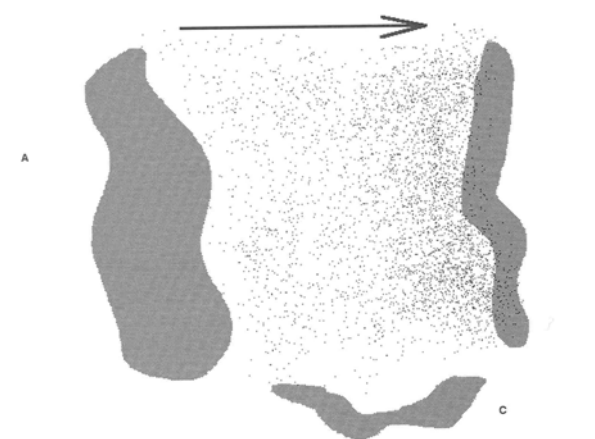
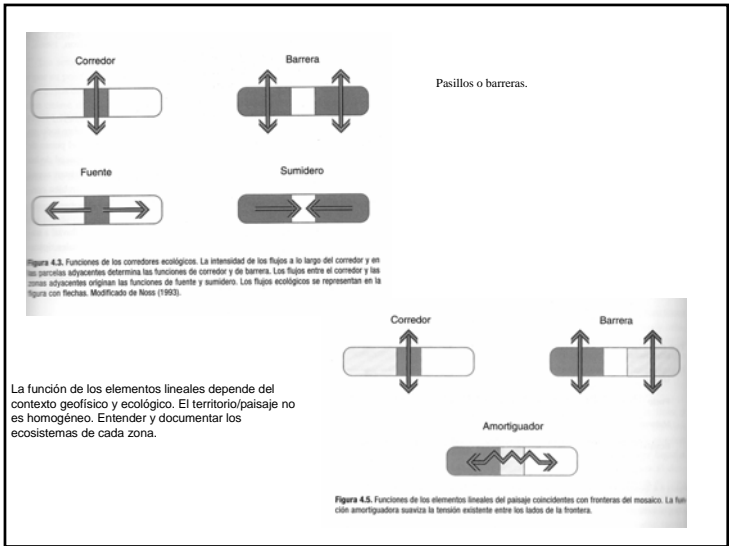
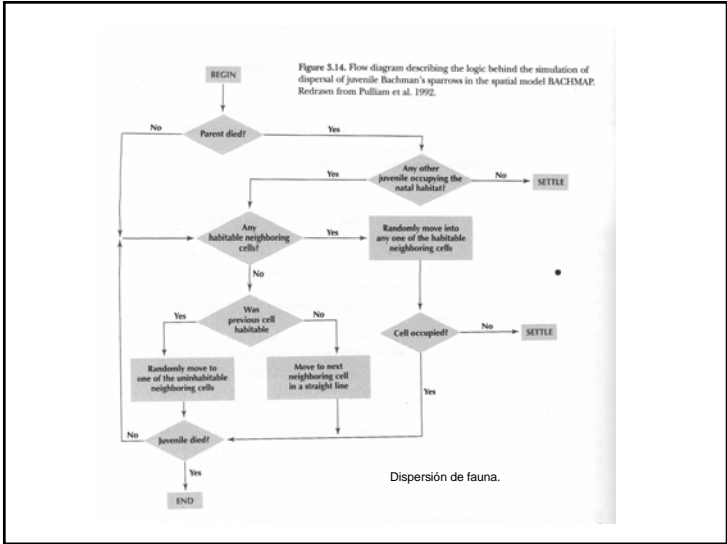
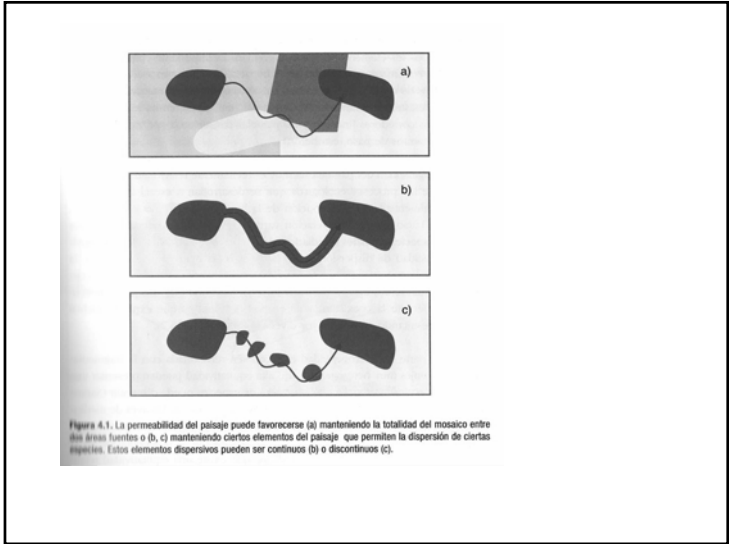
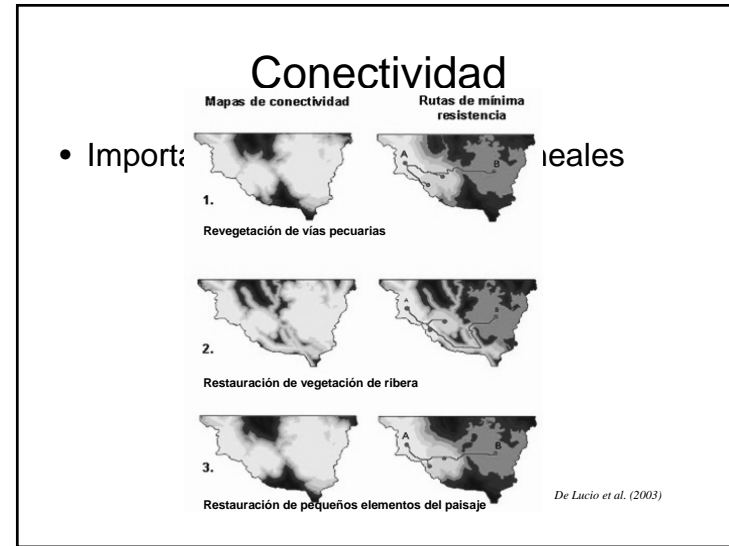
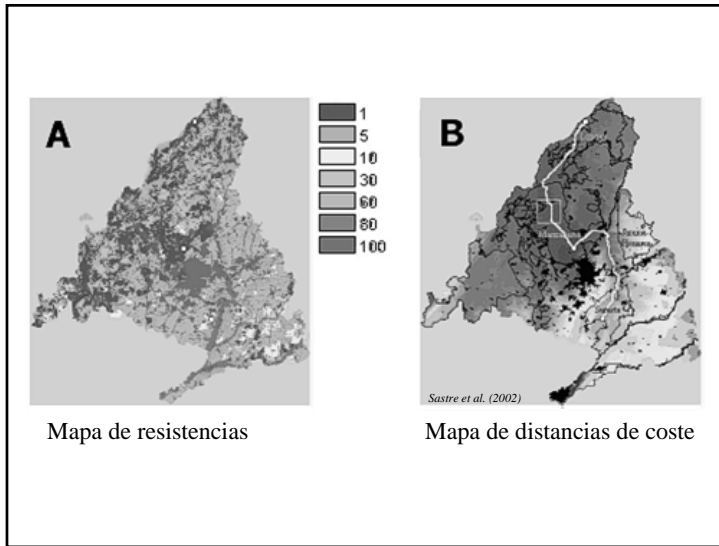


Figure 4.23 Connectivity is a functional parameter that varies according to specific organisms, and is frequently not related landscape structure. In this case the connectivity between patch A and B is high, whereas patch C (closer to patch A) is more isolated for wind-dispersed organisms if the wind is blowing in the direction indicated by arrows (from Baudry and Merriat 1987, modified).



Tipo de cobertura adyacente	Elementos lineales			
	Carretera Ferrocarril	Pista	Seto, Tapia	Río, Ribera
Urbano				
Pasto				
Matorral				
Bosque				

Figura 4.4. Ejemplo de ordenación de los elementos lineales en un modelo corredor-barrera basado en los tipos de cobertura adyacentes. Las estructuras situadas en la parte superior derecha de la figura tienen más potencial como corredores, y las situadas en la parte inferior izquierda tienen más potencial como barreras.



Conectividad

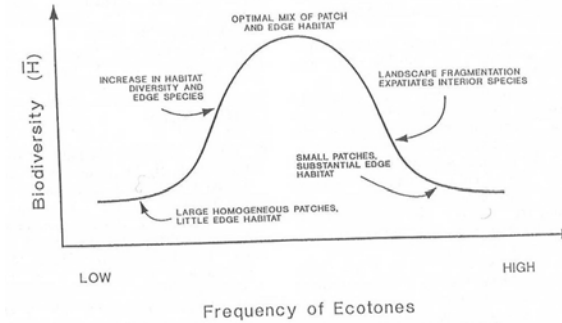
- Territorios en profundo cambio:
 - Identificación de umbrales críticos de aislamiento y fragmentación para las especies
 - Soluciones para garantizar la conectividad
- Buscar la disposición óptima de los fragmentos residuales procurando su conexión
- Interacción entre ecología del paisaje y biología de la conservación

Permeabilidad

- Propiedad más general del paisaje referida al mantenimiento de la conectividad para la totalidad de organismos que lo habitan
- Depende de aspectos físicos o estructurales del paisaje, de las características del flujo ecológico y del propio tamaño, comportamiento y movilidad de los animales (Taylor *et al.*, 1993)



Figure 5.15 Biome ecotone created by contact between two biomes (from Gosz 1993, with permission).



Frequency of ecotones and biodiversity value (from Naiman et al. 1988, with permission).

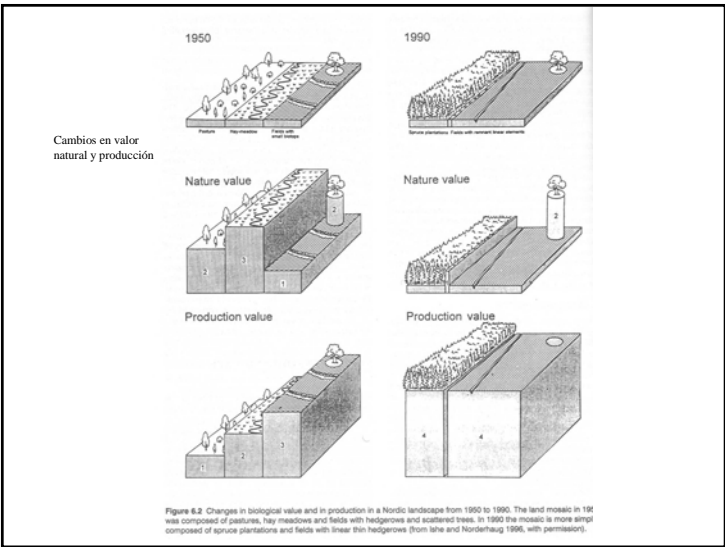
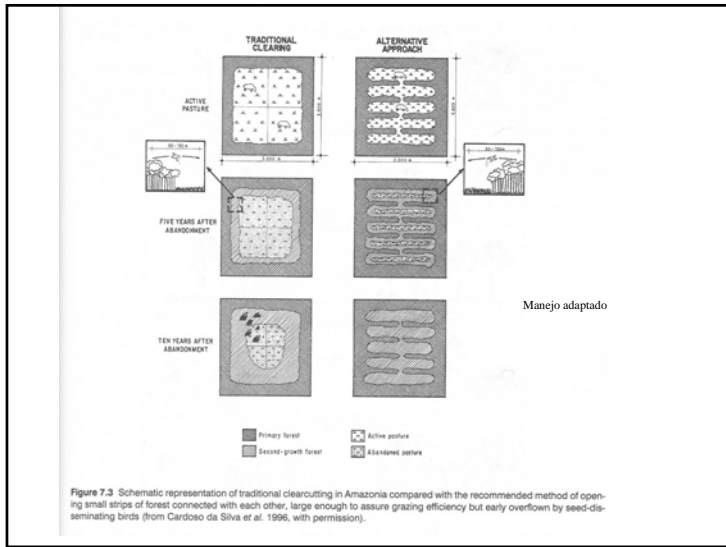
Variables estructurales de un ecotono

- **Size** The surface or the volume of the ecotone with respect to the size of neighbouring ecological systems and the spatial scale of the fluxes between the systems.
- **Shape** Linear, circular, convoluted etc. This variable seems increasingly relevant to determining the rate of transfer of information, energy and material across ecotones.
- **Biological structure** The distribution of biomass or density of dominant organisms.
- **Structural constraint** The amount of difference between the biological structure of the ecotone and the adjacent ecological systems.
- **Internal heterogeneity** Variance of the changing rate across a discontinuity.
- **Ecotone density** The length of ecotone per unit of land mosaic.

- **Fractal dimension** Rate of complexity of ecotone shape across a land mosaic.
- **Patch diversity** Richness and evenness of patch types in the land mosaic.
- **Mean patch size** Mean size of patches in a mosaic.

The functional variables are stability, resilience, quantity of energy and functional contrast:

- **Stability** The degree to which an ecotone resists change when affected by stress.
- **Resilience** The degree to which the ecotone returns to its initial condition after stress.
- **Energetics** The productivity of dominant organisms, the flux of material and energy between ecotones and the surrounding ecosystems.
- **Functional contrast** The extent of the differences in functional variables between the ecotones and the neighbouring ecosystems.



Flujos de agua, nutrientes y materiales

- 5 vectores:
 - Viento
 - Agua
 - Animales voladores y terrestres
 - Humanos
- 3 fuerzas conducen los vectores:
 - Difusión
 - Flujo masivo
 - Locomoción

Molles (2005)

Flujos de agua, nutrientes y

- Viento:
 - Viento
 - Agua
 - Animales voladores y terrestres
 - Humanos
- 3 fuerzas conducen los vectores:
 - Difusión
 - Flujo masivo
 - Locomoción

Forman & Godron (1986)

Flujos de agua, nutrientes y materiales

- Viento y locomoción
 - Animales voladores que buscan alimento, refugio de depredadores o pareja



Flujos de suelo

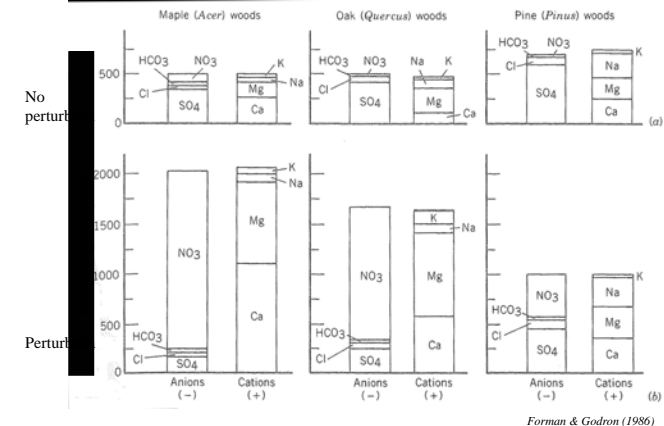
- Menos visibles pero muy importantes
- Flujos en superficie (viento y agua) y debajo de ella (locomoción y agua)
 - Fertilizantes (P y N), pesticidas, compuestos nitrogenados del ganado, limo, arcilla, bacterias, esporas, calcio, etc.



Flujos de agua, nutrientes y materiales

- Ejemplo: movimiento de N, P y C entre cultivos y bosque de ribera (Peterjohn & Correl, 1984)
 - Mayor retención de N en el bosque de ribera (89%); sólo 8% en campos cultivados
 - Mayor retención de P en el bosque de ribera (80%)
 - Agua subterránea: predominante para el flujo total de N entre cultivos y ribera
 - Agua superficial: transferencia de P desde cultivos a ribera

Flujos de agua, nutrientes y materiales



Aplicaciones a las redes de conservación

- Los conocimientos teóricos sobre conectividad y corredores pueden ayudar a la planificación del territorio
- Importancia para la definición de redes de conservación
- Ejemplo: EECONET (Holanda y Bélgica)
- Otro ejemplo: EEUU carácter multifuncional de los espacios protegidos

Aplicaciones a las redes de conservación

- Criterios:
 - Requerimientos de hábitat de especies clave
 - Configuraciones paisajísticas apropiadas
 - Importancia de las propiedades de los elementos lineales del paisaje

Aplicaciones a las redes de conservación

- Ambiente mediterráneo:
Condiciones ambientales + actuación humana = Paisaje seminatural diverso y muy atractivo
- Papel muy importante en las redes de conservación de estos paisajes (áreas de conexión y/o amortiguación alrededor de las zonas mejor conservadas)

Criterios de evaluación

Tabla 5.1. Ejemplos de criterios de tipo biológico basados en especies y ecosistemas.

CRITERIOS	ESPECIES	ECOSISTEMAS
Endemicidad	Especies endémicas a escala estatal o regional	Comunidades o asociaciones endémicas
Rareza	Especies raras	Comunidades o asociaciones raras
Especies periféricas	Especies al borde de su área de distribución	Hábitats al borde de su área de distribución
Amenaza	Especies amenazadas y en peligro de extinción (según criterios internacionales como los de UICN)	Hábitats amenazados (ej. hábitats y comunidades vegetales protegidas por la Directiva Hábitats 92/43/CEE)
Elementos de especial interés	Especies "clave" (p.ej. especies que ocupan una posición central en las redes tróficas)	Hábitats y ecosistemas "clave"
Representatividad	Especies representativas de la unidad biogeográfica	El ecosistema más representativo se entiende como el más típico, el más abundante en cada unidad biogeográfica
Naturalidad	Especies autóctonas, no exóticas	Ecosistemas poco alterados por el hombre
Estabilidad, persistencia	Especies climáticas, propias de las etapas más avanzadas de la sucesión ecológica	Ecosistemas maduros, con baja tasa de renovación de la biomasa

Tabla 5.2. Indicadores para la selección de áreas de conservación basados en especies y ecosistemas

	ESPECIES	ECOSISTEMAS
Presencia	Presencia de cada especie	Presencia de cada ecosistema
Abundancia	Nº de individuos de la especie, superficie del área de distribución (%)	Superficie (%)
Riqueza	Riqueza de especies, diversidad	Riqueza y diversidad

Bibliografía

- Burel, F. y Baudry. 2002. *Ecología del paisaje. Conceptos, métodos y aplicaciones*. Mundiprensa, Madrid.
- Farina, A. 1998. *Principles and methods in landscapes ecology*. Chapman & Hall, Londres.
- Forman, R.T.T. 1995. *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press.
- Gergel, S.E. y Turner, M.G. (eds.). 2002. *Learning landscape ecology*. Springer. Nueva York.
- Harms, W.B. y Opdam, P. 1990. Woods as habitat patches for birds: application in landscape planning in the Netherlands. En Zonneveld, I.S. y Forman, R.T.T. (eds.), *Changing landscapes: an ecological perspective*. Springer-Verlag, New York, pp.73-97
- Molles, M.C., Jr. 2006. *Ecología: conceptos y aplicaciones*. McGraw-Hill.
- Sastre, P., de Lucio, J.V. y Martínez, C. 2002. Modelos de conectividad del paisaje a distintas escalas. Ejemplos de aplicación en la Comunidad de Madrid. *Ecosistemas* 2002/2 (URL: <http://www.revistaecosistemas.net/>)
- Smith, T.M. y Smith, R.L. 2007. *Ecología*. Pearson Educación, Madrid