



DINÁMICA DEL PAISAJE



Valentín Gómez Sanz

Departamento de Silvopascicultura – UPM



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

¿ PAISAJE ?

Desde un punto de vista ecológico:

- **Conjunto de ecosistemas en interacción**
 - Nivel de organización biológica superior al Ecosistema.
- **Patrón espacial de elementos** trascendentes para el componente/proceso ecológico de estudio.
 - Área espacialmente heterogénea en al menos un factor (elemento) de interés (Turner *et al.*, 2001).
 - No límites inequívocamente identificables, ni tamaño prefijado.



Tema: DINÁMICA DEL PAISAJE

ECOLOGÍA DEL PAISAJE.

Tareas principales de la (modificado de *Risser et al., 1984*)

1. Identificar los factores de formación del patrón espacial del paisaje.
2. Caracterización de la estructura del Paisaje. Implica la identificación de la escala y el patrón espacial en el que viene expresado, así como su descripción.
3. Analizar la dinámica del paisaje.
4. Elaborar propuestas prácticas para el manejo del territorio y la conservación biológica.



Tema: DINÁMICA DEL PAISAJE

Objetivos – Competencias:

1. Conocer los ideas básicas asociadas al comportamiento dinámico del patrón del paisaje.
2. Comprender el papel de los factores más influyentes en la dinámica espacio-temporal del paisaje y, en especial, la acción humana.
3. Familiarizarse con metodologías de análisis del cambio en el paisaje de uso más frecuente.
4. Establecer ideas generales para la interpretación ecológica de los cambios en el patrón del paisaje.



Tema 4: DINÁMICA DEL PAISAJE



1. La dimensión temporal del paisaje



2. La huella humana en el patrón del paisaje



3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje



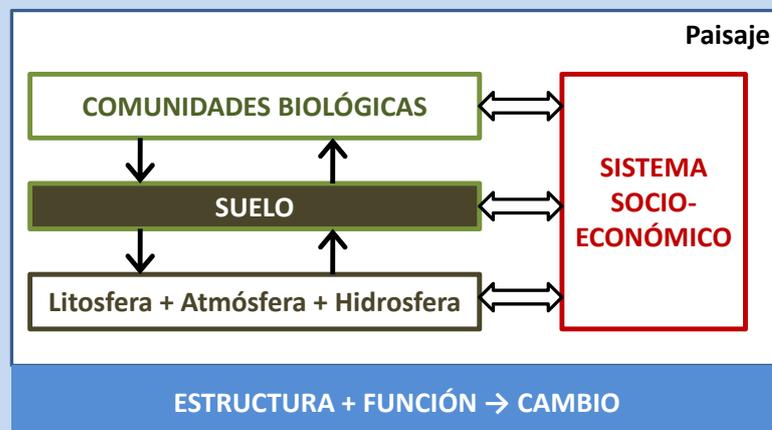
4. La posibilidad de predicción del cambio



Tema: DINÁMICA DEL PAISAJE

1. La dimensión temporal del paisaje

PAISAJE = Sistema.



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE****1. La dimensión temporal del paisaje****PAISAJE:**

Interacción entre componentes → Atributos derivados:

- Emergencia
- Auto-organización
- Retroalimentación (positivos –amplificadores- o negativos – amortiguadores)

→ **Sistema complejo y resiliente.**

Resultado: **Patrón del paisaje** → Estructuras espaciales:

- ✓ configuradas frecuentemente en mosaico
- ✓ heterogéneas
- ✓ de comportamiento dinámico → direccionales (trayectoria temporal que depende de las condiciones iniciales).

Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE****1. La dimensión temporal del paisaje****PAISAJE:**

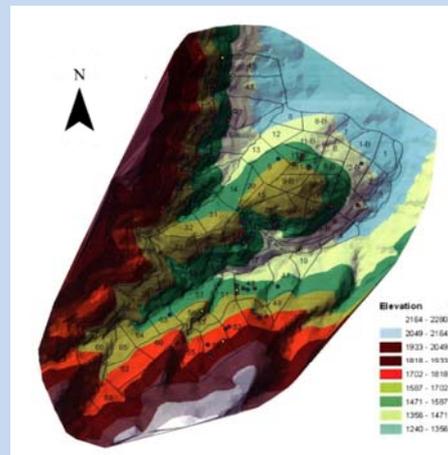
Elementos organizados de acuerdo con un *patrón espacial* determinado → **Sistema Heterogéneo**

Clases de patrón del paisaje:

- a) Patrón espacial de puntos (“*spatial point pattern*”).

Ejemplo:

De Diego Jurado S., 2007. *Caracterización del hábitat selvícola de nidificación del buitre negro (Aegypius monachus L.) en el Monte Cabeza de Hierro (Madrid).* Trabajo Fin de Carrera. E.U.I.T. Forestal. UPM.




 Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

1. La dimensión temporal del paisaje

PAISAJE:

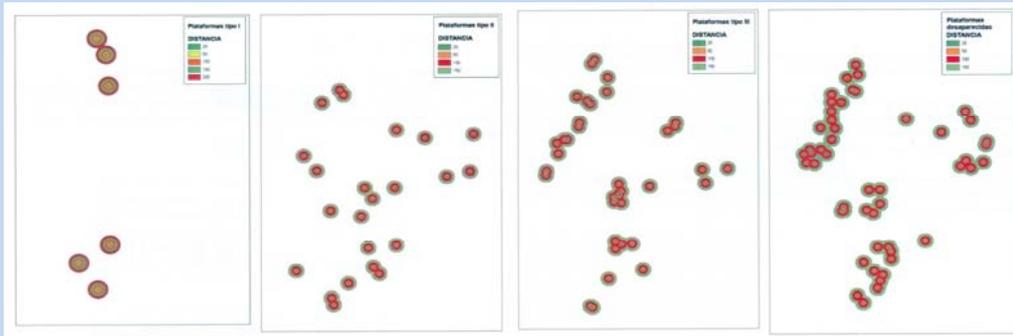
Elementos organizados de acuerdo con un *patrón espacial* determinado → **Sistema Heterogéneo**

Clases de patrón del paisaje:

a) Patrón espacial de puntos (“*spatial point pattern*”).

Ejemplo:

De **Diego Jurado S., 2007**. *Caracterización del hábitat selvícola de nidificación del buitre negro (Aegypius monachus L.) en el Monte Cabeza de Hierro (Madrid)*. Trabajo Fin de Carrera. E.U.I.T. Forestal. UPM.



9

10/01/2014


 Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

1. La dimensión temporal del paisaje

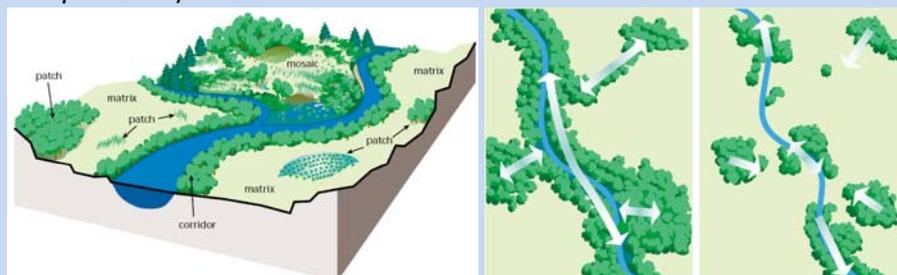
PAISAJE:

Elementos organizados de acuerdo con un *patrón espacial* determinado → **Sistema Heterogéneo**

Clases de patrón del paisaje:

a) Patrón espacial de puntos (“*spatial point pattern*”).

b) Patrón de redes de conexión lineal (“*linear network pattern*”).



Ejemplo:

FISRWG (10/1998). *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices*. By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)(15 Federal agencies of the US gov't). GPO Item No. 0120-A; SuDocs No. A 57.6/2:EN 3/PT.653. ISBN-0-934213-59-3.

10


 Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**
1. La dimensión temporal del paisaje
PAISAJE:

Elementos organizados de acuerdo con un *patrón espacial* determinado → **Sistema Heterogéneo**

Clases de patrón del paisaje:

- Patrón espacial de puntos
- Patrón de redes de conexión lineal
- Patrón superficial continuo (“*surface pattern*”).

Ejemplo:
Simón Cid N., 2010. Modelización geoestadística de la distribución de carbono en los suelos de una dehesa.
 Trabajo Fin de Carrera. E.U.I.T. Forestal. UPM.

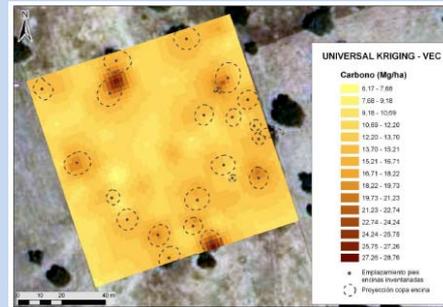


Fig. 4.6 Mapa de predicción de la variable carbono (Mg/ha) obtenido mediante Krigado Universal (Universal Kriging) usando la variable auxiliar Distancia del punto de estudio al árbol más cercano (Vec).


 Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**
1. La dimensión temporal del paisaje
PAISAJE:

Elementos organizados de acuerdo con un *patrón espacial* determinado → **Sistema Heterogéneo**

Clases de patrón del paisaje:

- Patrón espacial de puntos (“*spatial point pattern*”).
- Patrón de redes de conexión lineal (“*linear network pattern*”).
- Patrón superficial continuo (“*surface pattern*”).
- Patrón superficial discreto (“*categorical –or thematic- map pattern*”).

Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE****1. La dimensión temporal del paisaje**Clases de patrón del paisaje.

d) **Patrón superficial discreto** (“*categorical –or thematic- map pattern*”).

Paisaje como conjunto de objetos discretos (TESELAS):

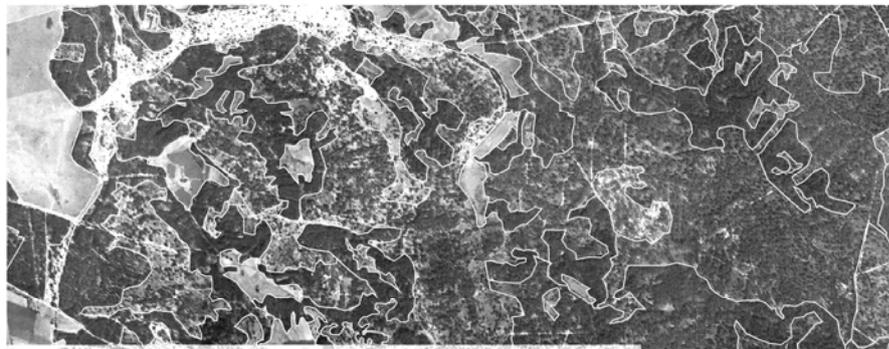
- ✓ No solapados
- ✓ Incrustados en una **matriz** o formando **mosaico**.
- ✓ Pertenecen a clases mutuamente excluyentes (estados del sistema)

TESELA (*patch*).

Superficie que muestra un marcado comportamiento homogéneo respecto de uno o varios atributos (difiere en ellos de las porciones de terreno que la rodean).

Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE****1. La dimensión temporal del paisaje**

Clases de patrón del paisaje - **Patrón superficial discreto**.



0 125 250 500 750 1.000 1.250 1.500 Meters



Frontera de la tesela: discontinuidades en las variables de estado respecto de sus “vecinos”, en magnitudes percibidas como relevantes para el componente/proceso en consideración (objeto de estudio).

Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE****1. La dimensión temporal del paisaje**Clases de patrón del paisaje.

d) **Patrón superficial discreto** (“*categorical –or thematic- map pattern*”).

➤ Fortalezas

Muy útiles en trabajos sobre:

- ✓ Descripción del paisaje
- ✓ Fragmentación y conectividad del hábitats
- ✓ Monitorización del cambio del paisaje
- ✓ Manejo y conservación de especies y espacios (paisaje)

Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE****1. La dimensión temporal del paisaje**Clases de patrón del paisaje.

d) **Patrón superficial discreto** (“*categorical –or thematic- map pattern*”).

➤ Fortalezas

➤ Debilidades

La discretización supone una pérdida de información en atributos/fenómenos continuos → Muy dependiente de:

- la escala de estudio
- la resolución espacial (grano) y temporal.
- la forma de medición
- las categorías (clases) de clasificación (escala jerárquica)



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

1. La dimensión temporal del paisaje

PAISAJE:

Elementos conectados entre si por intercambios materiales y energéticos (Terradas, 2002) → **Sistema dinámico.**

Agentes de cambio:

Hechos (procesos), y sus causas, que actúan como:

- detonantes de cambios en la estructura y función del paisaje (“precursores”).
- condicionantes de la localización e intensidad del cambio (“atractores”).

Principales agentes de cambio:

1. Soporte físico
2. Procesos ecológicos
3. Régimen de perturbaciones.



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

1. La dimensión temporal del paisaje

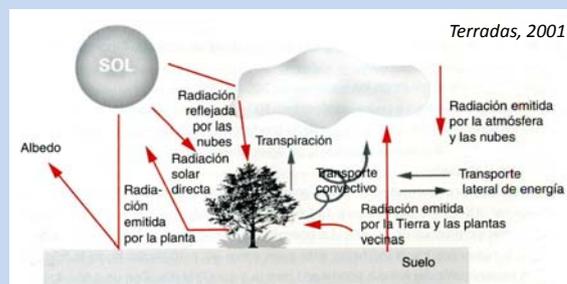
Agentes de cambio.

1. Soporte Físico.

Sistema Superficie terrestre – atmósfera

Balances de energía y materia → Heterogeneidad a diferentes escalas:

- Aproximación a escala estación (homogeneidad).
 - Transferencias dominantes respecto de la vertical.
 - Dominio de procesos estocásticos de compleja evaluación.





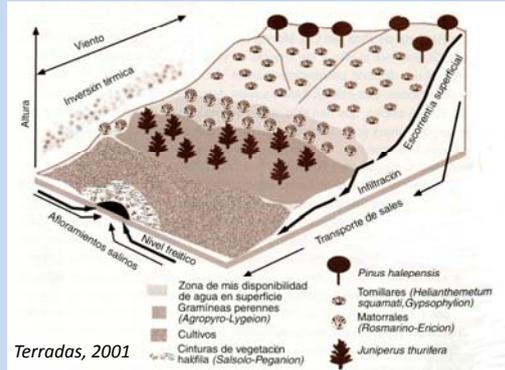
Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

1. La dimensión temporal del paisaje

Agentes de cambio.

1. Soporte Físico.

- Aproximación a escala estación (homogeneidad).
- Aproximación a escala paisaje (heterogeneidad).
 - El flujo de transferencia importante es el horizontal.
 - Es posible encontrar ciertas regularidades, en el tiempo y en el espacio = Gradientes ambientales.



MÁSTER EN RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS
 Módulo 5 – Territorio y Socioeconomía.



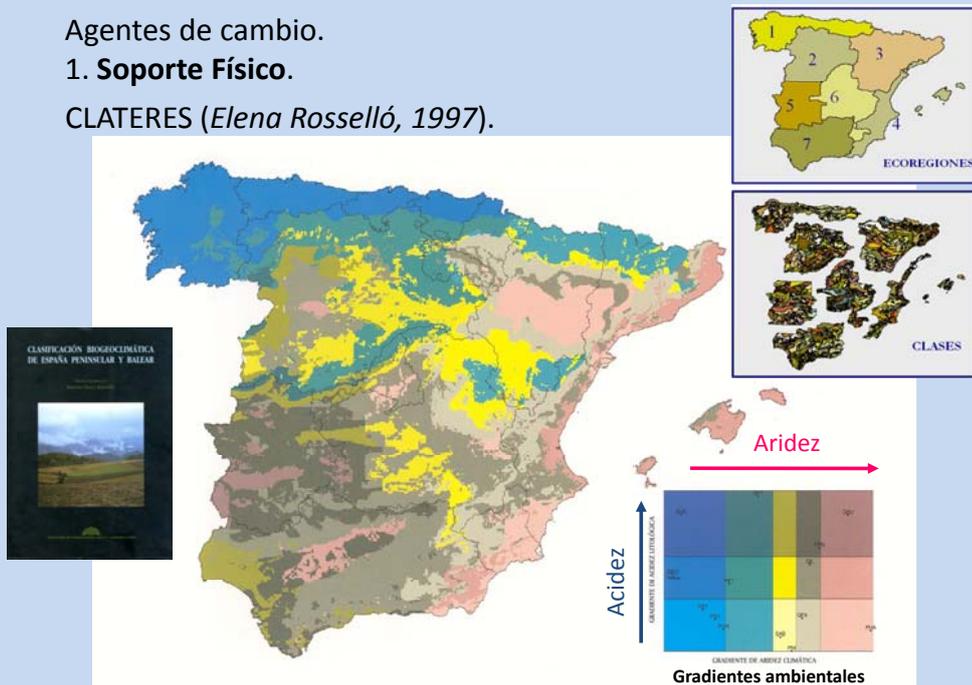
Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

1. La dimensión temporal del paisaje

Agentes de cambio.

1. Soporte Físico.

CLATERES (*Elena Rosselló, 1997*).



MÁSTER EN RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS
 Módulo 5 – Territorio y Socioeconomía.

Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE****1. La dimensión temporal del paisaje**

Agentes de cambio.

1. Soporte Físico.
2. **Procesos ecológicos.**

Procesos funcionales (necesidad de función de los seres vivos
→ consumo de recursos)

- ✓ Interacciones ambientales (abióticas).
- ✓ Interacciones bióticas interespecíficas
- ✓ Interacciones bióticas intraespecíficas.

Procesos demográficos en poblaciones:

- Instalación (dispersión + establecimiento)
- Crecimiento y desarrollo.
- Extinción

→ Generadores de heterogeneidad, incluso en ausencia de heterogeneidad ambiental.

Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE****1. La dimensión temporal del paisaje**

Agentes de cambio.

1. Soporte Físico.
2. Procesos ecológicos.
3. **Perturbaciones.**

✓ “Acontecimiento” (proceso), de naturaleza biótica o abiótica, que modifica la estructura y/o función del sistema paisaje.

- ✓ Pueden ser de origen natural o antrópico.
- ✓ Su efecto en la dinámica del paisaje depende de:
 - Magnitud espacio-temporal (pueden aparecer a cualquier escala de tiempo o de espacio, y no tiene que ser necesariamente catastrófico)
 - Frecuencia de aparición (si muestran cierta recurrencia temporal → régimen de perturbaciones)
 - Resiliencia de sistema (reduce las fluctuaciones)



Tema 4: DINÁMICA DEL PAISAJE



1. La dimensión temporal del paisaje



2. La huella humana en el patrón del paisaje



3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje



4. La posibilidad de predicción del cambio



Tema: DINÁMICA DEL PAISAJE

2. La huella humana en el patrón del paisaje

Presión humana sobre el paisaje = omnipresente y multiforme →
Principal agente de cambio

Factor determinante: Uso del territorio (usos del suelo)

Condicionado por:

- el soporte físico.
- la evolución política, social y económica sufridas hasta el presente.
- el régimen de propiedad.

Efectos principales:

- sobre la estructura: Cambios en el patrón del paisaje.
- sobre la función: Modificación de la conectividad .



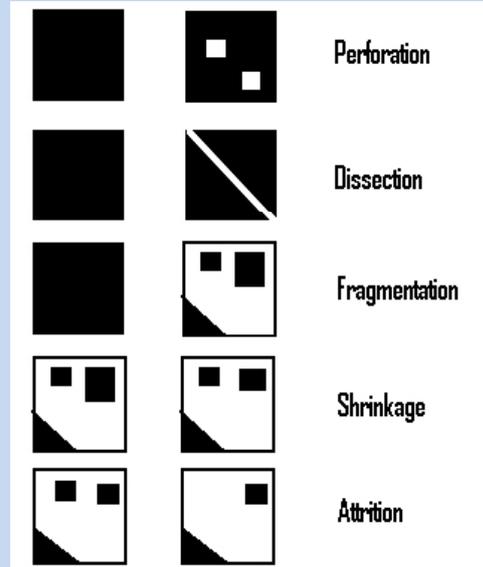
polarización funcional y estructural del sistema paisaje

Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

2. La huella humana en el patrón del paisaje

Procesos que afectan al patrón del paisaje:

- ✓ Perforación o intrusión.
- ✓ División (regular o irregular).
- ✓ Fragmentación.
- ✓ Reducción.
- ✓ Desaparición



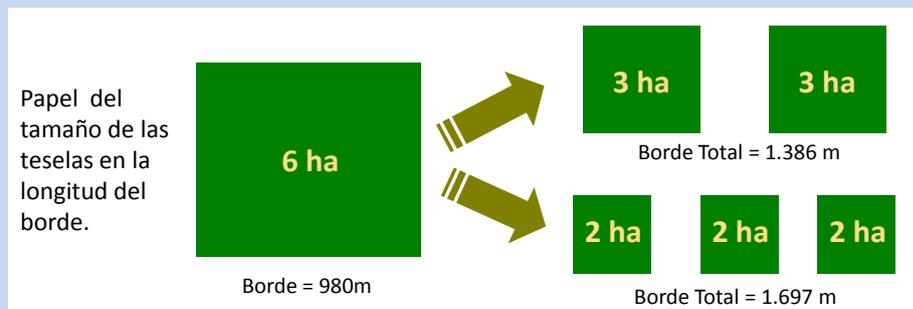
Forman's Patterns of Landscape Change
(Forman, 1995)

Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

2. La huella humana en el patrón del paisaje

Efectos ecológicos → Cambios en la composición y configuración del patrón del paisaje.

- ✓ Destrucción y modificación de hábitats
- ✓ Aparición de efectos de borde





Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

2. La huella humana en el patrón del paisaje

Efectos ecológicos → Cambios en la composición y configuración del patrón del paisaje.

- ✓ Destrucción y modificación de hábitats.
- ✓ Aparición de efectos de borde

Papel (función) de los bordes (fronteras): Filtro para los organismos, el intercambio de materia y energía o la propagación de perturbaciones (pueden facilitar, inhibir o ser contrario a ciertos flujos).

Permeabilidad = f (grado de contraste entre ambos lados).

Teoría ecológica aplicada: *Teoría de la percolación*.

27

10/01/2014



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

2. La huella humana en el patrón del paisaje

Efectos ecológicos → Cambios en la composición y configuración del patrón del paisaje.

- ✓ Destrucción y modificación de hábitats,
- ✓ Aparición de efectos de borde
- ✓ Cambio en la diversidad específica:
 - Aumento de la presencia de especies generalistas (multi-hábitat) y especies exóticas
 - Disminución de las especies “interiores” y especialistas.

28



Tema: DINÁMICA DEL PAISAJE

2. La huella humana en el patrón del paisaje

Efectos ecológicos → Cambios en la composición y configuración del patrón del paisaje.

- ✓ Destrucción y modificación de hábitats.
- ✓ Aparición de efectos de borde
- ✓ Cambios en la diversidad específica.
- ✓ Incremento de aislamiento y de las tasas de extinción
 - Teoría Biogeográfica de Islas (tesela = “isla” dentro de una matriz dominada por otro tipo teselar)
 - La biodiversidad y riesgo de extinción de especies dependen del tamaño y aislamiento de las “islas”
 - Dinámica de metapoblaciones (conjunto de subpoblaciones separadas por hábitat inadecuado -matriz-)



Tema 4: DINÁMICA DEL PAISAJE



1. La dimensión temporal del paisaje



2. La huella humana en el patrón del paisaje



3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje



4. La posibilidad de predicción del cambio



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Paisaje → Sistema complejo

Herramienta de estudio → Modelización

- Modelos de Cambio de Uso del suelo.
 - De uso extendido (Programas Internacionales)
 - Capacidad exploratoria (descriptiva) y predictiva.
 - La diferencia con los modelos ecológicos es el papel dominante que toman las acciones humanas (uso).
 - Variable dependiente: Tipo de Uso y Cubierta (TUC)
 - Categorías (Clases): Variables según la finalidad.
 - Tipología básica:
 - a) Modelos de paisajes teóricos (potenciales)
 - b) Modelos basados en paisajes reales pasados.

31

10/01/2014

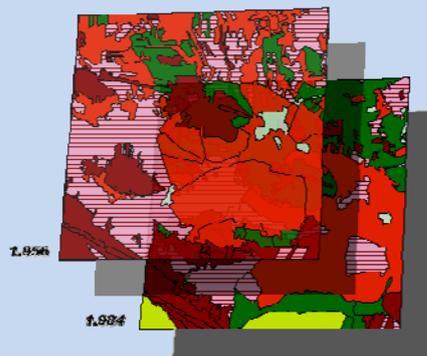


Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Modelos de cambios de uso del suelo basados en paisajes reales pasados

Análisis diacrónico: estudio del cambio en fechas concretas, atendiendo a la sucesión cronológica de los hechos relevantes (desarrollo histórico).



32



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Modelos de cambios de uso del suelo basados en paisajes reales pasados

Fases de la modelización

1. Modelización del patrón más actual
2. Modelización de patrones pasados
3. Superposición de patrones
4. Identificación de cambios y procesos

33

10/01/2014



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Modelos de cambios de uso del suelo basados en paisajes reales pasados

Metodología Base:

1. Obtención de imágenes aéreas georreferenciadas (ortofotos, fotografía aérea,...) de dos fechas separadas un número suficiente de años (más de 10).
2. Delimitación precisa del área de estudio y de su posible zonificación interna.
3. Sobre la imagen más actual, identificación y delimitación de las teselas (superficies que muestran un estado relativamente homogéneo respecto de su uso y cubierta vegetal).

Se debe fijar la escala de observación en concordancia con la escala y grano de la información gráfica disponible .

Elaboración de la “capa” GIS correspondiente.

34



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

TUC	Etiqueta	Definición.
Bosque	B	Áreas con vegetación arbórea dominante, de origen natural o artificial, y cuya Fracción de Cobertura es superior al 20 %. B1. Bosque denso. Tangencia de copas dominante B2. Bosque claro. Pies relativamente aislados, sin tangencia de copas.
Dehesa	D	Áreas con vegetación arbórea abierta, de cubierta discontinua que cubre entre el 5 y el 20 % de la cabida, y soportan un uso ganadero.
Repoblación	R	Áreas con vegetación arbórea en las que aún es posible por fotografía aérea identificar su origen artificial (repoblación).
Bosque galería	G	Corredores arbóreos o arbustivos naturales que se presentan asociados a cursos de agua.
Matorral	M	Áreas con formaciones vegetales donde son dominantes los elementos leñosos de porte arbustivo o subarbustivo. M1. Matorral arbolado. Con árboles dispersos con una FCC < 20 % M2. Matorral sin arbolado
Pastizal	P	Áreas con formaciones herbáceas dominantes que son pastadas por herbívoros o aprovechadas a siega. P1. Formaciones herbáceas sin uso ganadero intensivo y presencia de arbolado disperso (FCC < 20 %) P2. Formaciones herbáceas sin uso ganadero intensivo y ausencia de arbolado. P3. Superficies con formaciones herbáceas de uso intensivo a diente o a siega (arbolado aislado o en bordes).
Agrícola	C	Superficies dedicadas a cultivo agrícola o uso ganadero intensivo. C1. Cultivos agrarios con arbolado aislado o vegetación de carácter "natural" en bordes. C2. Cultivos agrarios sin arbolado o vegetación natural.
Mosaico	X	Áreas con uso muy fragmentado del suelo, donde pueden identificarse pautas espaciales repetitivas.
Baldío	L	Terrenos improductivos (vías de comunicación, infraestructuras, vertederos, escombreras,...)
Acuático	A	Superficies de agua libre, naturales o artificiales
Urbano	U	Áreas con uso urbano dominante.

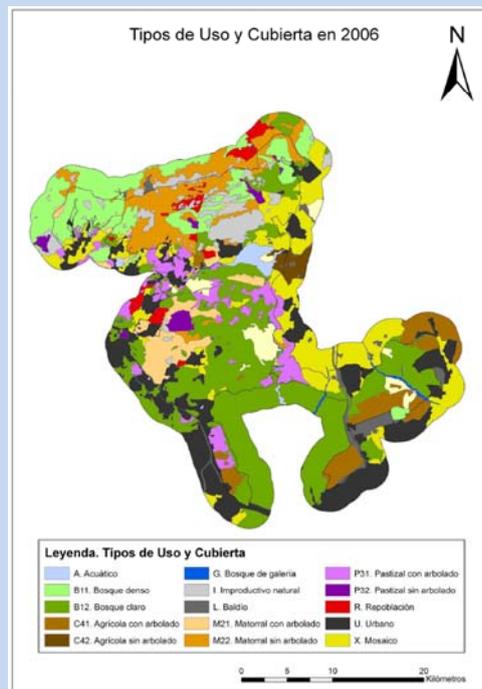
Modificado de MAPA, 1986 y FAO, 1994

MÁSTER EN RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS
 Módulo 5 – Territorio y Socioeconomía.



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje



Ejemplo:
Escribano López A., 2010. Estudio Ecológico de cambios en el paisaje del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares (Madrid). Trabajo Fin de Carrera. E.U.I.T. Forestal. UPM.

MÁSTER EN RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS
 Módulo 5 – Territorio y Socioeconomía.



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Modelos de cambios de uso del suelo basados en paisajes reales pasados

Metodología Base:

4. Caracterización de las teselas delimitadas.

Atributos base:

- ✓ Tipo de uso y cubierta (TUC).
- ✓ Subtipos e información de interés (especial situación legal, natural o de uso)
- ✓ Extensión (m² o ha)
- ✓ Perímetro (m)
- ✓ Ratio borde/área
- ✓ Distancia al vecino más próximo y contagio.

37

10/01/2014



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Modelos de cambios de uso del suelo basados en paisajes reales pasados

Metodología Base:

5. A partir de la información anterior, cálculo de índices de caracterización de la estructura del patrón del paisaje:

- A nivel TUC (clase teselar)
- A nivel paisaje

Índices de Composición (*Forman y Godron, 1986*).

1. Riqueza.
2. Abundancia relativa de cada clase de tesela.
3. Diversidad.
4. Uniformidad (o dominancia).

Índices de Configuración (*Forman y Godron, 1986*).

- a. Subdivisión.
- b. Complejidad de formas teselares.
- c. Adyacencia.
- d. Contraste.
- e. Entremezcla.
- f. Dispersión.
- g. Conectividad funcional

38



Tema: DINÁMICA DEL PAISAJE

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Ejemplo:

Escribano López A., 2010. *Estudio Ecológico de cambios en el paisaje del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares (Madrid).* Trabajo Fin de Carrera. E.U.I.T. Forestal. UPM.

Tabla 9. Presencia relativa en tanto por ciento (%) de cada TUC, en el año 1956, para la zona Parque y la zona Buffer

Presencia relativa (%)	A	B11	B12	C41	C42	D	G	I	L	M21	M22	P31	P32	R	U	X
Parque	0,63	3,80	13,29	3,16	0,63	-	2,53	25,32	0,63	3,16	5,06	10,13	6,33	1,90	6,96	16,46
Buffer	-	8,05	10,07	3,36	2,01	-	2,01	5,37	3,36	6,04	7,38	6,04	4,70	1,34	24,16	16,11

Tabla 10. Vector de estado en tanto por ciento (%) de cada TUC en el año 1956 para la zona Parque y la zona Buffer

Vector de estado (%)	A	B11	B12	C41	C42	D	G	I	L	M21	M22	P31	P32	R	U	X
Parque X_{1956}	1,05	4,90	23,52	7,24	0,47	-	0,42	6,74	0,01	7,95	19,76	7,77	1,93	0,13	0,88	17,23
Buffer X_{1956}	0,00	6,75	23,50	11,61	6,06	-	0,22	1,99	0,11	3,97	10,5	3,21	3,87	0,30	3,36	24,54



Tema: DINÁMICA DEL PAISAJE

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Ejemplo:

Escribano López A., 2010. *Estudio Ecológico de cambios en el paisaje del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares (Madrid).* Trabajo Fin de Carrera. E.U.I.T. Forestal. UPM.

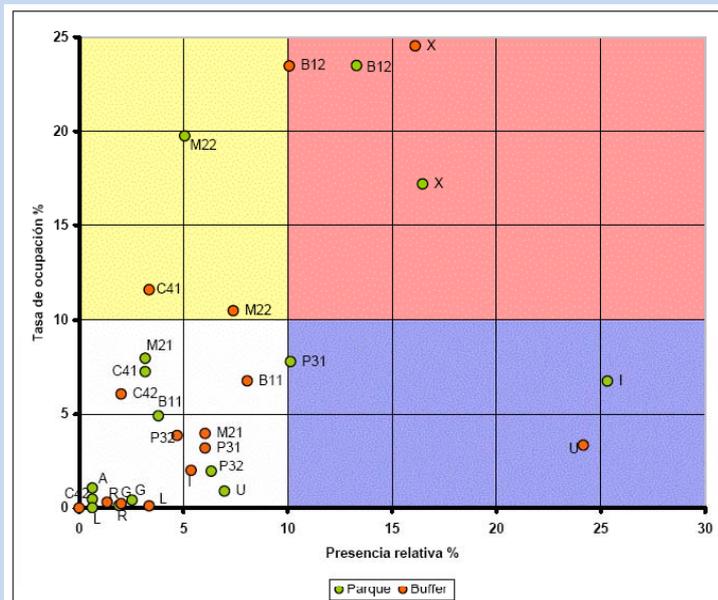


Figura 7. Presencia relativa y tasa de ocupación de los Tipos de Uso y Cubierta de la zona Parque y Buffer para el año 1956.



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Modelos de cambios de uso del suelo basados en paisajes reales pasados

Metodología Base:

6. Sobre la imagen más antigua, superposición de la “capa” GIS con los TUC identificados en el punto 3 y modificar los recintos de acuerdo con lo en ella observado. Se genera una nueva “capa” en GIS que recoja los TUC para la fecha más antigua. Ídem punto 4 y 5.

7. Intersección de ambas capas GIS (cada una de un año de observación) e identificación de las superficies de cambio.

Completar la matriz de cambio:

- Filas: TUC de la cubierta más antigua.
- Columnas: TUC de la cubierta más actual.

Cada celda recoge la superficie de TUC de un tipo dado (fila) que pasa a otro TUC (columna).



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Ejemplo:

Escribano López A., 2010. Estudio Ecológico de cambios en el paisaje del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares (Madrid). Trabajo Fin de Carrera. E.U.I.T. Forestal. UPM.

Tabla 21 Matriz de cambio en valores absolutos para la zona Parque. Evolución de los TUC en hectáreas entre 1956 y 2006

				Año 2006																			
		Σ		Σ	A	B11	B12	C41	C42	D	G	I	L	M21	M22	P31	P32	R	U	X			
Año 1956	Σ	958,8	5459,8	15251,4	3023,0	288,3	2170,2	322,4	3617,7	521,5	3974,0	5331,9	3480,9	889,4	912,6	2790,8	3556,2						
	Mantenimiento	555,9	2675,4	9836,7	2827,7	212,5	0,0	220,5	3491,7	4,2	2225,8	5253,7	1941,2	521,3	24,3	449,0	2283,4						
	Cambio	402,9	2884,4	5414,7	995,3	55,8	2170,2	101,9	126,0	617,3	1448,2	79,2	1539,7	365,1	888,3	2311,8	1271,8						
	Σ	555,9	2675,4	13,0									0,4	1,9		4,3							
	A	555,9																					
	B11		2675,4	13,0																			
	B12			13,0																			
	C41				107,8	2827,7																	
	C42							212,5						5,0								27,0	
	D																						
	G										220,5												
	I						0,7	24,9					3491,7										1,5
	L		4,2	4,2	0,0									4,2									
	M21		4204,5	2225,8	1978,7								40,8	4,4	2225,8					11,0	429,3	73,9	
	M22		10454,8	5253,7	5201,1							16,2	42,4	41,2	885,9	5253,7	64,7	309,4	889,3	217,8	46,4		
	P31		4110,1	1941,2	2188,9				268,0	647,8	203,2	55,8	104,8		64,2	137,8	71,8	1941,2			43,8	481,7	
P32		1023,1	521,3	601,8											33,6		48,0	521,3	24,0			48,4	
R		71,0	24,3	46,7																	24,3		
U		467,4	449,0	18,4																		449,0	
X		9113,8	2283,4	8830,4										157,7	44,3		1318,7	5,9	71,2	1490,1	2283,4		



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

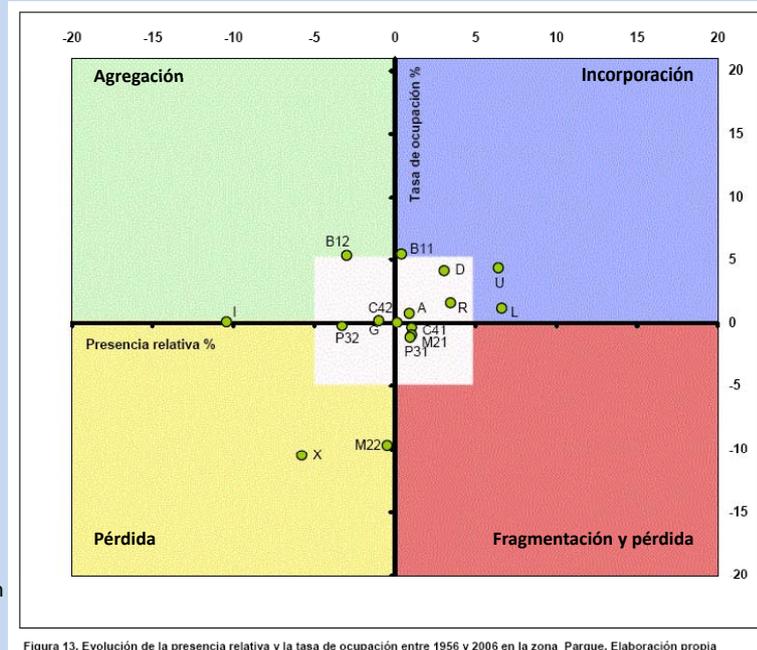


Figura 13. Evolución de la presencia relativa y la tasa de ocupación entre 1956 y 2006 en la zona Parque. Elaboración propia

Ejemplo:
Escribano López A., 2010. Estudio Ecológico de cambios en el paisaje del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares (Madrid). Trabajo Fin de Carrera. E.U.I.T. Forestal. UPM.

MÁSTER EN RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS
 Módulo 5 – Territorio y Socioeconomía.

43

10/01/2014



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Modelos de cambios de uso del suelo basados en paisajes reales pasados

Metodología Base:

8. Identificación y evaluación, en forma absoluta –superficie- y relativa –porcentaje respecto el área total- de los procesos de cambio:

- Mantenimiento.
- Aumento de la presencia de TUC:
 - B: Densificación arbórea.
 - D: Adehesamiento
 - R: Repoblación forestal
 - G: Incremento del bosque de ribera
 - M: Matorralización.
 - P: Incremento de presencia pastizal (“empradecimiento”).
 - C: Incremento de uso agrícola (“agrarización”).
 - A: Anegamiento.
 - U: Urbanismo.
 - L: Pérdida de uso productivo.
 - X: Fragmentación.

MÁSTER EN RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS
 Módulo 5 – Territorio y Socioeconomía.

44



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Modelos de cambios de uso del suelo basados en paisajes reales pasados

Metodología Base:

9. Análisis de las posibles causas de cambio asociadas a cada proceso identificado.

Ejemplo:
Moreira Palminha A. J, 2011. Cambios ecológicos en el paisaje del Parque Nacional de Arrabida (Portugal) entre 1950 y 2007. Trabajo Fin de Carrera. E.U.I.T. Forestal. UPM.

Tabla 52. Evaluación de los procesos generales de cambio por Zonas.

Proceso	Zona I					Zona II					Zona III				
	Nº de Zonas	Superf. (ha)	%	Frecuencia	Intensidad	Nº de Zonas	Superf. (ha)	%	Frecuencia	Intensidad	Nº de Zonas	Superf. (ha)	%	Frecuencia	Intensidad
Densificación arbórea I	234	929,5	20,14	A	A	505	1677,5	25,72	A	A	20	30,4	2,60	B	B
Repoblación forestal II	4	10,0	0,22	B	B	53	209,4	3,21	A	B	-	-	-	-	-
Conversion a uso agrícola III	7	13,9	0,30	B	B	174	574,4	8,81	A	M	2	1,6	0,14	B	B
Conversion a pastizal IV	12	52,8	1,14	B	B	147	432,1	6,63	A	M	26	146,4	12,55	M	A
Adehesamiento V	7	12,9	0,28	B	B	90	370,4	5,66	A	M	2	10,5	0,90	B	B
Incremento de la fragmentación VI	13	36,6	0,79	B	B	221	753,6	11,56	A	A	14	38,6	3,13	B	B
Restauración del bosque de ribera VII	-	-	-	-	-	45	66,0	1,01	B	B	-	-	-	-	-
Maternalización VIII	100	1622,8	35,17	A	A	77	236,8	3,63	A	B	34	77,1	6,61	M	M
Pérdida de usos productivos IX	41	376,7	8,21	M	M	1	1,0	0,02	D	D	10	14,0	1,20	D	D
Anegamiento X	-	-	-	-	-	1	1,5	0,02	B	B	-	-	-	-	-
Urbanismo XI	29	74,2	1,61	M	B	87	199,9	2,91	M	B	3	5,4	0,46	B	B

A: Alta; M: Media; B: Baja



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

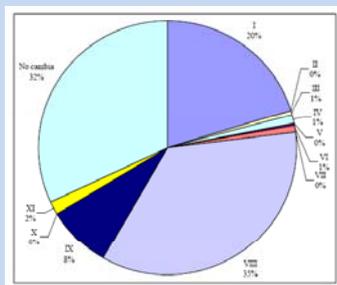


Figura 44. Intensidad en porcentaje de los procesos de cambio en la Zona I.

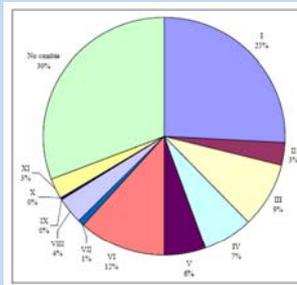


Figura 45. Intensidad en porcentaje de los procesos de cambio en la Zona II.

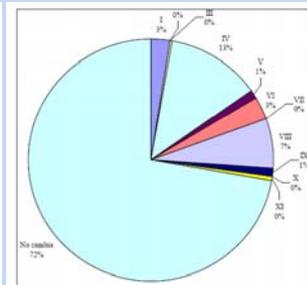


Figura 46. Intensidad en porcentaje de los procesos de cambio en la Zona III.

Ejemplo:
Moreira Palminha A. J, 2011. Cambios ecológicos en el paisaje del Parque Nacional de Arrabida (Portugal) entre 1950 y 2007. Trabajo Fin de Carrera. E.U.I.T. Forestal. UPM.



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Proyecto de monitorización del cambio en paisajes españoles.

SISPARES

**SISTEMA PARA EL SEGUIMIENTO
DE LOS PAISAJES RURALES ESPAÑOLES**

Director: **RAMÓN ELENA ROSSELLÓ**

RED DE PAISAJES RURALES
ESPAÑOLES

REDPARES

SISPARES

<http://www.sispares.com>

S.I.G.
PAISAJES RURALES ESPAÑOLES

SIGPARES



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

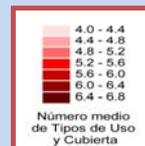
3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje

Proyecto de monitorización del cambio en paisajes españoles.

SISPARES:

Estructura Metodológica.

- Estratificación según clases geoclimáticas CLATERES
- Selección de parcelas de seguimiento → REDPARES
- Toma de datos de las muestras (parcela de paisaje)
- Almacén de datos SIG ARC/INFO y Arcview y su procesamiento mediante Fragstats*arc y Patch-Analysis
- Análisis de resultados y modelización





Tema 4: DINÁMICA DEL PAISAJE



1. La dimensión temporal del paisaje



2. La huella humana en el patrón del paisaje



3. El estudio del cambio en el patrón del paisaje



4. La posibilidad de predicción del cambio



Tema: DINÁMICA DEL PAISAJE

4. La posibilidad de predicción del cambio

Paisaje: Sistema complejo

Trayectoria direccional derivadas de procesos múltiplemente determinados:

- Los agentes de cambio no llevan a una única solución final (patrón del paisaje)
- Predicción del cambio: tarea dotada de un alto grado de aleatoriedad e incertidumbre.

Aproximación en base a procesos – dinámicas pasadas:

- ✓ Modelización de Markov.

Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE****4. La posibilidad de predicción del cambio**La predicción del cambio: Modelización de Markov.*Idea base:*

Es posible conocer el estado de un paisaje en el momento t+1 conociendo el estado del sistema en el momento t.

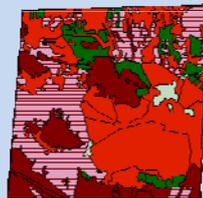
Información de partida:

- ✓ Vector de estado en dos o más fechas

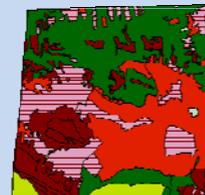
$$X_t = [x_1, x_2, x_3, \dots]$$

donde: x_i es la proporción de paisaje que pertenece al tipo de uso y cubierta i , para $i = 1, 2, \dots M$ tipos teselares.

Año t

 X_{it}

Año t-n

 $X_{i\ t-n}$ Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE****4. La posibilidad de predicción del cambio**La predicción del cambio: Modelización de Markov.*Información de partida:*

- ✓ Vector de estado del paisaje en una fecha:
- ✓ Matriz de transición: **T**. Matriz de $M \times M$, en la que cada elemento responde a:

$$p_{ij} = c_{ij} / \sum_j (c_{ij})$$

donde: c_{ij} = superficie que ha cambiado del tipo teselar "i" al tipo teselar "j". Los elementos p_{ii} de la diagonal reflejan las proporciones de paisaje que no cambian.

- ✓ Matriz de transición normalizada: **P**. Matriz de $M \times M$ elementos que resulta de

$$p^*_{ij} = p_{ij} / n^{\circ} \text{ años}$$

Los elementos p^*_{ii} de la diagonal se deben normalizar de modo que sumen 1:

$$p^*_{ii} = 1 - \sum_j (p^*_{ij}), \text{ para } i \text{ distinto de } j.$$

La matriz de transición normalizada **P** resume la probabilidad de que una celda del tipo de cubierta i cambie al tipo de cubierta j durante un año.



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

4. La posibilidad de predicción del cambio

La predicción del cambio: Modelización de Markov.

Procedimiento:

A partir del vector de estado de un paisaje en un momento t, el estado en otro momento t+1 se calcula:

$$X_{(t+1)} = X_{(t)}P$$

La siguiente proyección para el momento t+2 será:

$$X_{(t+2)} = X_{(t+1)}P = X_{(t)}PP = X_{(t)}P^2$$

Para otra sucesiva proyección se tendrá:

$$X_{(t+k)} = X_{(t)}P^k$$



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

4. La posibilidad de predicción del cambio

La predicción del cambio: Modelización de Markov.

López *et al.* 2001

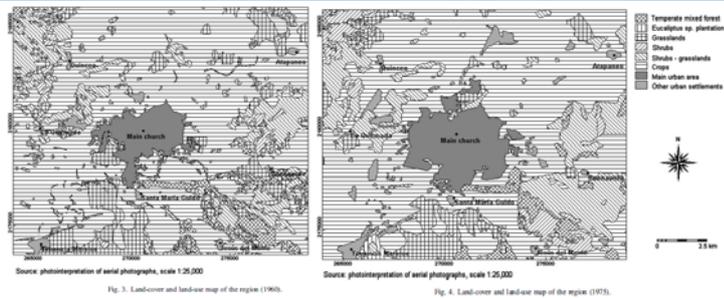


Table 3
1960–1975 Markov matrix^a

Categories	Temperate mixed forest	<i>Eucalyptus</i> sp. plantations	Grasslands	Shrubs	Shrubs-grasslands	Crops	Main urban area	Other urban settlements
Temperate mixed forest	0.41	0.00	0.03	0.17	0.17	0.15	0.06	0.01
<i>Eucalyptus</i> sp. plantations	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grasslands	0.05	0.03	0.28	0.03	0.23	0.31	0.06	0.02
Shrubs	0.05	0.00	0.16	0.25	0.45	0.09	0.00	0.01
Shrubs-grasslands	0.04	0.00	0.07	0.18	0.51	0.18	0.00	0.02
Crops	0.01	0.00	0.04	0.00	0.06	0.81	0.04	0.03
Main urban area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
Other urban settlements	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.86

^a Values are probabilities of transition.



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

4. La posibilidad de predicción del cambio

La predicción del cambio: Modelización de Markov.

Utilidad:

- Descriptiva

Realizada una proyección desde “t” a “t+1”, su comparación con la realidad (en “t+1”) permite identificar desviaciones en las estimaciones del modelo generado asociadas a:

- ✓ perturbaciones históricas.
- ✓ dependencias espaciales por:
 - efecto de covariables ambientales.
 - vecindad.

55

10/01/2014



Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE**

4. La posibilidad de predicción del cambio

La predicción del cambio: Modelización de Markov.

Utilidad:

- Descriptiva

- Predictiva

Necesita que los procesos de cambio tengan un comportamiento estacionario

p^*_{ij} son más o menos constantes para distintos periodos de tiempo → Una única matriz de transición normalizada.

56

Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE****4. La posibilidad de predicción del cambio**La predicción del cambio: Modelización de Markov.

Table 5

Area prediction (ha) of LCLU in 1990^a

	Temperate mixed forest	Plantations	Grasslands	Shrubs	Shrubs-grasslands	Crops	Main urban	Other urban settlements	Total
Temperate mixed forest	157	0	55	124	213	203	78	17	847
<i>Eucalyptus</i> plantations	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grasslands	124	86	287	177	569	981	248	90	2562
Shrubs	24	1.7	49	66	160	93	9	8	412
Shrubs-grasslands	122	4.3	203	336	834	615	43	73	2230
Crops	186	31	597	209	1047	7738	994	590	11392
Main urban area	0	0	0	0	0	0	1004	0	1004
Other urban settlements	0	80	0	0	0	0	79	223	303

^a Using 1960-1975 Markov matrix; Table 3.López *et al.* 2001

Table 6

Observed and predicted area (ha) per category of LCLU^a

Class	1990 (measured)	1990 (predicted)
Temperate mixed forest	1788	613
<i>Eucalyptus</i> sp. plantations	353	124
Grasslands	729	1191
Shrubs	823	912
Shrubs-grasslands	1603	2823
Crops	7588	9630
Main urban area	5081	2455
Other urban settlements	787	1001

57

10/01/2014

Tema: **DINÁMICA DEL PAISAJE****Referencias**

- ELENA-ROSSELLÓ R. (Edit.), 1997. Clasificación Biogeoclimática de España Peninsular y Balear. MAPA. Madrid.
- FORMA R.T.T., 1995. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press.
- FORMAN R.T.T., GODRON M., 1986. Landscape Ecology. John Wiley & Sons, New York.
- LOPEZ E., BOCCO G., MENDOZA M., DUHAU E., 2001. Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe. A case in Morelia city, Mexico. Landscape and Urban Planning 55, 271-285.
- MCINTYRE S., HOBBS R., 1999. Patterns of Landscape Change. Conservation Biology 13, 1282-1292
- RISSE P.G., KARR J.R., FORMAN R.T.T., 1984. Landscape ecology: directions and approaches. Special Pun nº 2. Illinois Natural History Survey.
- TERRADAS J., 2001. Ecología de la vegetación. Omega S.A. Barcelona
- TURNER M.G., 1991. Landscape Changes in Nine Rural Counties in Georgia, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 56, 379-386.
- TURNER M.G., GARDNER R.H., O'NEILL R.V., 2001 Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process. Springer.

58



MÁSTER EN RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS

Módulo 5 – Territorio y Socioeconomía.

DINÁMICA DEL PAISAJE



Valentín Gómez Sanz

Departamento de Silvopascicultura – UPM
(valentin.gomez@upm.es)