

## CALIBRACIÓN DE LAS TRANSFORMACIONES DEL PAISAJE EN ESPACIOS LITORALES: EL ÁREA DE CASTELLÓ DE LA PLANA

Rafael Belda-Carrasco<sup>1,2</sup>, Emilio Iranzo-García<sup>1</sup> y Juan Antonio Pascual-Aguilar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Cátedra de Participación Ciudadana y Paisajes Valencianos. Departamento Geografía,  
Universitat de València, Valencia, España. rabelca@alumni.uv.es, emilio.iranzo-garcia@uv.es*

<sup>2</sup> *Centro para el Conocimiento del Paisaje-CIVILSCAPE, Área de análisis espacial del Paisaje,  
Matet, Castellón, España. presidente@cpaisaje.org*

### RESUMEN

Las áreas periurbanas de la franja litoral valenciana han experimentado una fuerte transformación, debido a la histórica e intensa ocupación humana del litoral. El resultado ha sido una evolución por distintas configuraciones paisajísticas, desde las agrarias a las urbanas derivadas del proceso de crecimiento metropolitano. El objetivo del trabajo que se presenta es proponer un modelo que explique la dinámica del paisaje en espacios litorales mediterráneos, tomando como área piloto el municipio de Castelló de la Plana. La finalidad es identificar y comprender la manera en que la sociedad se ha apropiado y ha ocupado este espacio. La investigación busca desarrollar la metodología y las técnicas geográficas, que permitan explicitar los elementos motores en la dinámica del paisaje y su transformación. El procedimiento metodológico se fundamenta en el estudio diacrónico del paisaje. Se busca obtener un patrón de cambio en el paisaje cultural a lo largo del tiempo y del espacio, que permita explicar la situación actual del paisaje y su relación con la ciudad. Para ello, utilizando como base el software Dinamica EGO, mediante la cadena de Markov y los autómatas celulares (CA) sobre los tipos de paisaje previamente obtenidos, se busca calibrar el modelo geoespacial y obtener las variables que inducen al cambio.

Palabras clave: dinámica de paisaje; modelo geoespacial, cadena Markov, autómatas celulares.

### ABSTRACT

The peri-urban areas of the Valencian coastline have undergone a strong transformation, due to the historical and intense human occupation of the coast. The result has been an evolution of different landscape configurations, from agrarian character to the urban ones derived from the process of metropolitan growth. The objective of the work that is presented is to propose a model that explain the landscape dynamics in Mediterranean coastal spaces, taking as pilot area the municipality of Castelló de la Plana, Spain. The purpose is to identify and understand the way in which society has appropriated and occupied this space. The research seeks to develop the methodology and geographic techniques, which make it possible to make explicit the motor elements in the evolution of the landscape and its change. The methodological procedure is based on the diachronic study of the landscape. It seeks to obtain a pattern of change in the cultural landscape over time and space, which allows us to explain the current situation of the landscape and its relationship with the city. To do this, using the Dinamica EGO software, through the Markov chain and the cellular automata (CA) on the previously obtained landscape types, we seek to calibrate the geospatial model and obtain the variables that induce the change.

Keywords: landscape dynamics; geospatial modelling; Markov chain; cellular automata

## 1. INTRODUCCIÓN

Las áreas periurbanas de la franja litoral mediterránea occidental han experimentado una fuerte transformación debido a la histórica e intensa ocupación humana (García Martín y Ros Sempere, 2016; Quereda Sala *et al.*, 2010). Junto con el aumento de la población residente en la franja litoral y el progresivo cambio de las actividades económicas desde el sector primario al terciario, se incrementa la presión por el aumento de residentes debido al turismo y sus infraestructuras (Plieninger *et al.*, 2016). El resultado ha sido una transformación del paisaje expresada en distintas configuraciones paisajísticas a lo largo del tiempo (Marcucci, 2000). Configuraciones paisajísticas consideradas como culturales, pues son el resultado de la interacción entre el medio natural y la sociedad que lo habita en cada momento histórico (Tieskens *et al.*, 2017). Así, tenemos, desde los paisajes culturales de marcado carácter agrario vinculados al peso histórico del sector primario en la economía de la zona de estudio, hasta los paisajes urbanos y periurbanos derivados del proceso de crecimiento metropolitano y la tercerización de la economía. El estudio del paisaje no ha de desvincularse de los paisajes históricos ni de los procesos culturales que los sustentan (Antrop, 2005). De este modo, al analizar el paisaje considerando la dimensión histórica se pueden propiciar modelos de desarrollo sostenible que integran factores sociales, económicos y ambientales en el espacio y el tiempo (Agnolotti, 2014; Antrop, 1997).

En esta comunicación se pretende calibrar un modelo geoespacial de cambio en el paisaje y así, obtener las variables que inducen al cambio. Se analiza la repercusión en el cambio de los tipos de paisaje de las variables estáticas, entre fechas tabuladas, correspondientes a la topografía, la litología, el planeamiento urbanístico (clasificación y calificación) y los riesgos naturales; así como las variables dinámicas correspondientes a las distancias en cada momento temporal a los distintos patrones de paisaje. Las variables consideradas relevantes se utilizan para la calibración del modelo y su posterior análisis mediante las herramientas de los sistemas de información geográfica (GIS).

El área de estudio corresponde al término municipal de Castelló de la Plana y su entorno inmediato (Figura 1). No se ciñe estrictamente a los límites administrativos municipales, sino que se han establecido criterios paisajísticos (cuenca visual) en su delimitación (Benevolo, 1994). Este territorio es el que se suma al término municipal como área de estudio.

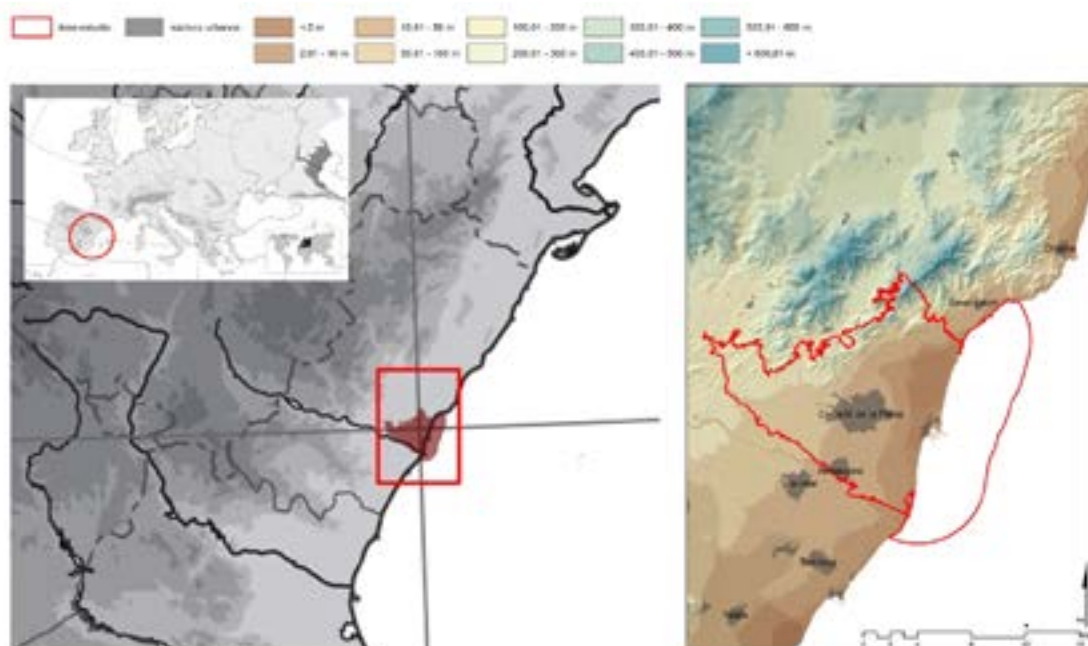


Figura 1. Mapa de situación y emplazamiento del área de estudio, Castelló de la Plana

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento metodológico se fundamenta en el estudio diacrónico del paisaje cultural. La información disponible se ha procesado mediante los sistemas información geográfica (GIS) y el modelado geoespacial del tipo LUCC (land use / cover change) en el que sin embargo utilizamos como información base tipos de paisaje previamente caracterizados y no coberturas de suelo. Con ello se establecen los criterios para marcar y seleccionar las diferentes etapas del análisis con el propósito de obtener una dinámica del paisaje cultural a lo largo del tiempo y del espacio que nos permita explicar su situación actual y su relación con la ciudad. Al mismo tiempo, nos permitirá realizar una mejor toma de decisiones para la redacción del planeamiento territorial (Palang *et al.*, 2011).

### 2.1. Metodología

Se realiza el estudio diacrónico del paisaje cultural, utilizándose como base para la calibración del modelado geoespacial los tipos de paisaje previamente caracterizados. Para realizar la caracterización se parte de los patrones de paisaje obtenidos a partir de la cobertura del suelo de Corine Land Cover 2012 (Carvalho-Ribeiro *et al.*, 2013), junto al modelo fisiográfico (Aguilo Alonso *et al.*, 1992), la litología, así como los datos de los pisos bioclimáticos y la biogeografía (Costa Talens, 1982; Rivas-Martínez *et al.*, 2014). A estos se incorpora la fotointerpretación de las ortofotografía (2015 y 1997), las fotografías aéreas (1977 y 1956) y la cartografía histórica (minutas planimétricas 1940 y 1910), obteniendo los tipos de paisaje para cada momento temporal (Belda-Carrasco *et al.*, 2017).

Sobre los tipos de paisaje caracterizados para cada momento temporal, mediante el software Dinamica EGO (Centro de Sensoriamento Remoto (CSR/UFGM), 2018; Rodrigues y Soares-Filho, 2018), utilizando los procedimientos de cadena de Markov y autómatas celulares (GA), buscamos calibrar el modelo geoespacial de cambio (LUCC) y obtener las variables que inducen al cambio. Se analiza la repercusión en el cambio de los tipos de paisaje de las variables estáticas correspondientes a la topografía, la litología, el planeamiento urbanístico y los riesgos naturales; así como las variables dinámicas correspondientes a las distancias en cada momento temporal a los distintos patrones de paisaje. Las variables consideradas relevantes se utilizan para la calibración del modelo (LUCC) y su posterior análisis mediante las herramientas geográficas (GIS).

#### 2.1.1. Etapas del procedimiento metodológico

Se parte de la delimitación de las unidades de paisaje, caracterizadas con su tipo de paisaje en cada momento temporal estudiado partiendo desde del actual y retrocediendo en el tiempo. La información está en un único fichero vectorial que incluye todos los momentos temporales (2015, 1997, 1977, 1956, 1940 y 1910) (Belda-Carrasco *et al.*, 2017). Esta información vectorial se convierte en ráster para proceder a calcular la matriz de transición entre dos momentos contiguos temporales.

Se seleccionan, parametrizan y categorizan las posibles variables que inducen al cambio de los tipos de paisaje en el tiempo. Se dividen en dos categorías de variables espaciales:

- Estáticas, fijas en cada iteración: variables que no experimentan cambios en su valor en una iteración temporal, en nuestro modelo son la topografía, la litología, el planeamiento urbanístico y los riesgos naturales, así como la distancia a las infraestructuras lineales y la hidrología.
- Dinámicas, calculadas en cada iteración: variables que experimentan cambios en su valor en una iteración temporal, en nuestro modelo son las distancias de cada tipo de paisaje a cualquier otro tipo.

Con los dos grupos de variables espaciales y con las unidades de paisaje de dos momentos contiguos temporales se procede a calcular los rangos y los coeficientes de ponderación (*Weight of Evidence*, WoE) de las variables respecto al conjunto de transiciones previamente calculadas mediante las matrices de transición (Nti y Sallis, 2013).

Para poder considerar que todas las variables espaciales que se introducen en el modelo son independientes espacialmente es necesario calcular la correlación entre cada par de ellas y los coeficientes de ponderación respecto a las transiciones de los tipos de paisaje que afectan (Soares-filho *et al.*, 2009; Nti y Sallis, 2013).

Con todo lo anterior realizado se procede a iniciar la calibración de la simulación del modelo geoespacial de tipo LUCC con los tipos de paisaje. Esta calibración se va afinando con las transiciones entre cada dos momentos temporales contiguos (1910-1940, 1940-1956 y 1956-1977), hasta llegar a los dos más próximos al momento actual (1977-1997 y 1997-2015). Con esta última calibración se valida la simulación correspondiente al año 2015. Esta simulación se compara respecto a las unidades de paisaje realmente presentes mediante una función de disminución exponencial y mediante una función de disminución constante de múltiples ventanas (Soares-filho *et al.*, 2009).

### 2.1.2. Producción y manipulación de la información

Cada uno de los mapas temporales de unidades de paisaje se convierten a un fichero ráster que permita su procesado en Dinamica EGO. Para ello se procede a convertir los polígonos en ráster mediante ArcGIS 10.3.1, con un pixel de 5 x 5 metros y valor obtenido por máxima área combinada del tipo de paisaje. Obtenemos ficheros de 4837 x 4007 pixeles, 8 bit entero. Este procedimiento se realiza para dos grupos de caracterizaciones de paisajes. El primero de ellos con únicamente cuatro tipos de paisajes (urbano, agrícola, forestal y de agua) para iniciar la calibración y poder realizar en menor tiempo el mayor número posible de iteraciones y ajustes. El segundo grupo, se realiza con los diecisiete tipos de paisajes:

Tabla 1. Tipos de paisajes para áreas periurbanas del litoral mediterráneo occidental

<i>Tipo urbano</i>	<i>Tipo agrícola</i>	<i>Tipo forestal y de agua</i>
U11. Urbano denso en llanura	A21. Agrícola, mosaico de huerta regada en llanura	N31. Boscoso coníferas con matorral en ladera
U12. Urbano disperso	A22. Agrícola, frutales cítricos de regadío	N32. Garriga, matorral en ladera
U13. Urbano industrial y terciario en llanura	A23. Agrícola, mosaico de huerta regada en marjal	N33. Sin vegetación en ramblas y playas
U14. Espacio libre urbano en llanura	A24. Agrícola, arrozal en marjal	N41. Marjal en humedal
U16. Infraestructuras lineales	A25. Agrícola, pastos. Sin cultivos	N52. Embalse M <sup>a</sup> Cristina
	A26. Agrícola, mosaico de arbolado en seco	N53. Mar Mediterráneo

Una vez se tienen los mapas categóricos de las unidades de paisaje se calcula la matriz de transición entre cada dos momentos contiguos en el tiempo. Dado el salto en número de años entre ambos momentos se obtiene la matriz de cambio total y la individual por cada unidad de tiempo, en nuestro caso años. Esta matriz (*multi step matrix*) será la base para los cálculos de simulación.

Los mapas de las variables espaciales estáticas se parametrizan, categorizan y se convierten a ráster en ArcGIS 10.3.1 de forma análogas a los de las unidades de paisaje. Sin embargo, las variables espaciales dinámicas se calcularán en el propio Dinamica EGO a partir de los mapas temporales de las unidades de paisaje en cada una de las simulaciones.

Tabla 2. Parametrizaciones variables estáticas

<i>variable</i>	<i>parametrización</i>	<i>referencia</i>
alturas	<1m, 2m, 10m, 20m, 50m, 100m, 200m, 300m, 400m, 500m, >500m <sup>l</sup>	(Aguilo Alonso <i>et al.</i> , 1992; Segado Vázquez <i>et al.</i> , 1996)
pendientes	<1%, 3%, 8%, 15%, >15%	(Aguilo Alonso <i>et al.</i> , 1992; Segado Vázquez <i>et al.</i> , 1996)
orientaciones	plano, umbría (N, NE, NW, 135°), solana (SE, S, SW, W, 225°)	Segado Vázquez <i>et al.</i> , 1996; Aguilo Alonso <i>et al.</i> , 1992)
litología	arcillas; arcillas y areniscas; arcillas margas y yesos; arenas; arenas, gravas y cantos; areniscas; areniscas y margas; calcáreas; calcáreas y areniscas; calcáreas y dolomías; calcáreas y margas; cantos y graveras; cantos, gravas y arcillas, cantos, gravas y arenas; conglomerados y arcillas; dolomías y margas; limos; limos, gravas y cantos; pizarras y cuarcitas	Servicio de Organización y Técnicas de Gestión, Conselleria d'Habitatge, Obres Públiques i Vertebració del Territori - Generalitat Valenciana (Institut cartogràfic valencià, 2018)
planeamiento urbanístico	Combinación de clasificación (urbano, urbanizable y no urbanizable) y calificación (residencial, industrial, terciario, dotacional, común, dominio público y protegido)	Servicio de Coordinación Urbanística y Territorial; Conselleria d'Habitatge, Obres Públiques i Vertebració del Territori - Generalitat Valenciana
infraestructura verde	protegido y no protegido	Servicio de Gestión de Espacios Naturales Protegidos; Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient, Canvi Climàtic i Desenvolupament Rural - Generalitat Valenciana
distancias	Hidrología (25 m); infraestructura viaria principal (25 m) y secundaria (10 m); infraestructura de riego (10 m)	
riesgos	Erosión (muy alta, alta, moderada, baja y muy baja); inundación (muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo y sin riesgo)	Dirección General de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje; Conselleria d'Habitatge, Obres Públiques i Vertebració del Territori - Generalitat Valenciana

Con los mapas de las unidades de paisaje y las variables tanto estáticas como dinámicas se procede a inicial el procedimiento de cálculo mediante el método estadístico de ponderación de las variables (*WoE*). El primer paso a realizar es obtener los rangos o intervalos (*determine WoE ranges*) de categorización de las variables y los coeficientes (*determine WoE coefficients*) de estas mismas variables espaciales respecto al conjunto de transiciones calculadas (*multi step matrix*).

Para poder aplicar el método estadístico es necesario que todas las variables que entran en el cálculo sean independientes espacialmente. Para ello realizamos la comprobación mediante la correlación (*determine WoE correlation*) entre cada par de ellas según los coeficientes y las transiciones de tipos de paisaje previamente calculados. Se comprueba la influencia de *chi<sup>2</sup>*, *cramer*, *contingency*, *joint\_entropy* y *joint\_uncertainty* (Soares-filho *et al.*, 2009; Nti y Sallis, 2013).

Una vez tenemos todos los datos procesados y preparados, así como confirmada la independencia de las variables procedemos a iniciar la calibración de la simulación. La primera calibración se realiza con las unidades de paisaje simplificadas (4 tipos) y considerando el periodo de 1977 a 1997. Este procedimiento se realiza mediante el cálculo del mapa de probabilidades (*Calc WoE Probability Map*), la matriz de transición y el motor de transición local del autómata celular (*CA, Patcher*). Como parámetros de transición en estas primeras interacciones se utilizan una Media y una Varianza de 0,001 ha y una isometría de 1. Con estos valores, al ser de orden inferior al tamaño de píxel 25 m<sup>2</sup>, se logra obtener una nube de puntos en el entorno espacial de la transición.

En las siguientes iteraciones se ajustan la Media y la Varianza de cada transición según el cálculo estadístico de las diferencias entre el estado inicial y el final mediante *Landscape metrics*. Además, estos valores hay que dividirlos entre el salto en número de años entre ellos. Con ello se consigue una mejor aproximación. En las siguientes iteraciones se ajusta la isometría, resultando como mejor aproximación al modelo el valor de 1,6 y se calibra la transición.

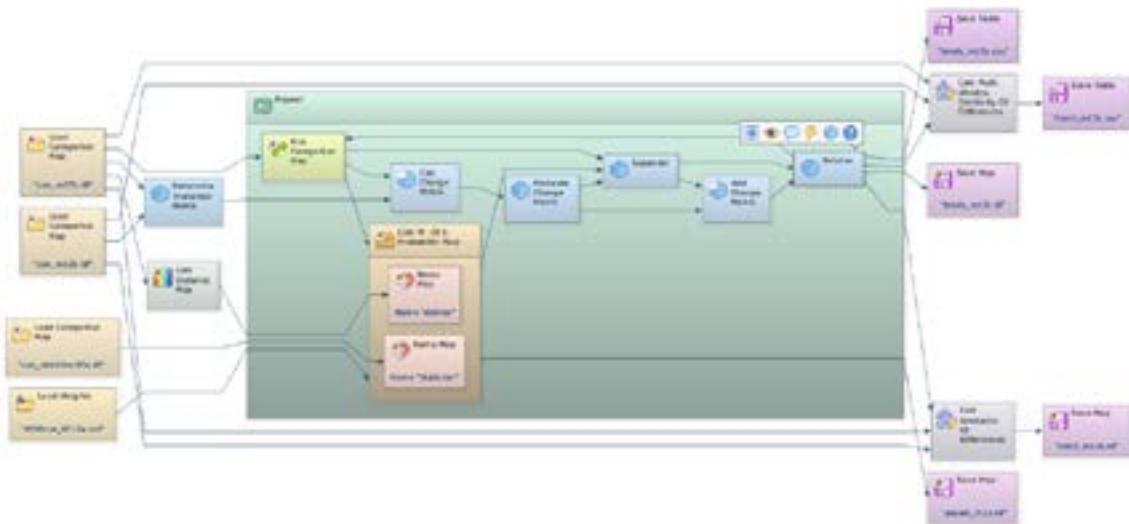


Figura 2. Modelo de simulación y validación entre 1997 y 2015

Con los datos obtenidos de estas calibraciones, se inicia el procedimiento con los paisajes completos (17 tipos), se utilizan los parámetros finales de las aproximaciones simplificadas. En la siguiente mejora de la calibración se añade el segundo motor de transición local del autómata celular (CA, Expander) y para ello es necesario modular la matriz de cambio para repartir la cantidad de cambio entre ambos motores *Patcher* y *Expander*. Se realiza el procedimiento para las iteraciones de 1977 a 1997 y de 1997 a 2015 con el modelo representado en la figura 2, iniciando con un 50% para cada uno de los motores y se explora el espectro en ambos sentidos, hasta obtener que la mejor aproximación es con el 90% del cambio realizado mediante *Expander* y el 10% restante mediante *Patcher*.

Durante todas las iteraciones se realiza la validación de la simulación mediante las funciones de disminución exponencial y de disminución constante de múltiples ventanas (Soares-filho *et al.*, 2009; Nti y Sallis, 2013):

- *Similarity of Differences*, calcula las diferencias entre el mapa calculado y el mapa observado para un mismo momento temporal. Calcula los grados de aplicabilidad de la mínima diferencia.
- *Multi Window Similarity of Differences*, calcula las diferencias entre el mapa calculado y el mapa observado para un mismo momento temporal. Calcula los grados de aplicabilidad de la mínima diferencia para cada tamaño de ventana, siempre impares.

### 3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

La calibración de la simulación nos permite obtener los datos numéricos y gráficos que nos permitirá un análisis de los modelos de cambio de los tipos de paisaje y la calidad de la simulación realizada. En la tabla 3, tenemos los datos cuantitativos de la calibración última entre 1997 y 2015 que se incluyen en la simulación.

Tabla 3. Matriz de transición y calibración entre 1997 y 2015 para cada tipo de paisaje, salto de un año

desde	hasta	Transición	Media (ha)	Varianza (ha)	isometría	modulación
U11	U12	3.73E-006	0,000908355	2,10758E-05	1.6	90/10
U11	U14	0.001261387	0,055905523	0	1.6	90/10
U12	U11	0.0081749084	0,170623716	0,220362843	1.6	90/10
U12	U13	0.0038831313	0,081535473	0,092323512	1.6	90/10
U12	U16	0.0091815723	0,095912362	0,128322866	1.6	90/10
U12	A23	1.99E-006	0,00211872	7,57026E-05	1.6	90/10
U12	A25	0.0042937704	0,119640608	0,21445126	1.6	90/10
U12	N32	1.99E-006	0,276665808	0,801886271	1.6	90/10
U13	U11	0.0126464307	0,054870868	0,002778199	1.6	90/10
U13	U12	0.0024937339	0,000908355	2,10758E-05	1.6	90/10
U13	U16	0.0040631103	0,089177002	0,02413017	1.6	90/10
U13	A25	0.0020417129	0,067098014	0,032462351	1.6	90/10
U13	N32	0.0003732983	0,024885323	0	1.6	90/10
U16	U13	2.36E-005	0,001286706	1,28226E-05	1.6	90/10
A21	U12	0.3189726181	0,236632866	0,555629243	1.6	90/10
A21	A25	0.1398547288	0,187044822	0,226807161	1.6	90/10
A22	U11	0.0082123712	0,255586506	4,732521097	1.6	90/10
A22	U12	0.0223666457	0,383826839	6,328960405	1.6	90/10
A22	U13	0.0263006436	0,299547653	5,972785027	1.6	90/10
A22	U16	0.0176719142	0,246180195	1,707627807	1.6	90/10
A22	A21	0.0018683795	2,767184358	0	1.6	90/10
A22	A23	0.0052632998	1,281619201	47,18765846	1.6	90/10
A22	A25	0.1292327499	0,163024807	0,338991459	1.6	90/10
A22	N32	0.0031041355	0,135953423	0	1.6	90/10
A22	N33	0.0002593914	0,283991351	0,403118779	1.6	90/10
A23	U12	0.104038395	0,278872663	0	1.6	90/10
A23	U16	0.011411232	0,000337886	1,69441E-06	1.6	90/10
A23	A22	6.79E-006	0,415716812	4,086943558	1.6	90/10
A25	U11	0.1383003241	0,477632226	10,33962934	1.6	90/10
A25	U12	0.1337930994	0,089177002	0,02413017	1.6	90/10
A25	U13	0.1325561653	0,541166263	6,356482086	1.6	90/10
A25	U14	0.0408421655	0,23345759	0,494721651	1.6	90/10
A25	U16	0.0167802954	0,11961006	0,167388149	1.6	90/10
A25	A22	0.0084747493	0,161403399	0,270814255	1.6	90/10
A25	N32	0.0222093861	0,422702656	0,338843624	1.6	90/10
A26	U16	0.003601493	0,391417923	0	1.6	90/10
A26	A22	0.0841805292	0,023187897	0,007333622	1.6	90/10
A26	N31	0.0606484436	0,267225812	0,647444701	1.6	90/10
A26	N32	0.2770352369	0,193015523	0,309104757	1.6	90/10
A26	N33	0.0212680402	0,240116728	0,3499949	1.6	90/10
N31	U16	0.0130044562	0,20229974	0,53904133	1.6	90/10
N31	A25	0.0019833051	0,173017486	0	1.6	90/10
N31	N32	0.2123015126	0,026626147	0	1.6	90/10
N32	U12	0.0217684968	0,563360529	10,18264897	1.6	90/10
N32	U13	0.0029928335	0,623142572	20,25392384	1.6	90/10
N32	U16	0.0022172588	0,428793992	0	1.6	90/10

N32	A22	0.0123335018	0,079594598	0,041745692	1.6	90/10
N32	A25	0.0041154372	0,352578794	0,80653463	1.6	90/10
N32	N31	0.1371300008	0,294465096	0,02653405	1.6	90/10
N32	N33	0.0197422204	1,401473522	51,33860765	1.6	90/10
N33	U11	0.0061223705	0,314133462	2,017888705	1.6	90/10
N33	U12	0.0069068954	0,066761143	0,00044115	1.6	90/10
N33	U13	0.0023766488	0,149258521	0	1.6	90/10
N33	U14	0.0357727954	0,051501742	0	1.6	90/10
N33	A22	0.0370188055	0,387420111	1,050903976	1.6	90/10
N33	A26	0.0030688767	0,267543582	0,728162087	1.6	90/10
N33	N31	7.69E-006	0,066575745	0	1.6	90/10
N33	N32	0.0282813522	0,152918653	0,276268543	1.6	90/10
N53	U13	0.0228342741	6,411336197	154,3382928	1.6	90/10
N53	N33	0.0007962511	0,111533615	0,04897136	1.6	90/10

Mediante la calibración de la simulación del cambio entre dos momentos temporales dados obtenemos un mapa categórico con las unidades de paisaje calculadas en el momento futuro, así como un mapa multicapa con las probabilidades de cambio para cada tipo de paisaje. Esto permite una primera aproximación visual a los modelos de asociación, cambio e incluso fragmentación de los paisajes. En la figura 3 se representan los mapas de las unidades de paisaje caracterizadas para los años 1997 y 2015 base de la simulación. Además, tenemos el mapa de simulación del año 2015 y los mapas de las diferencias y similitudes entre la simulación de 2015 y las unidades correspondientes a 2015.

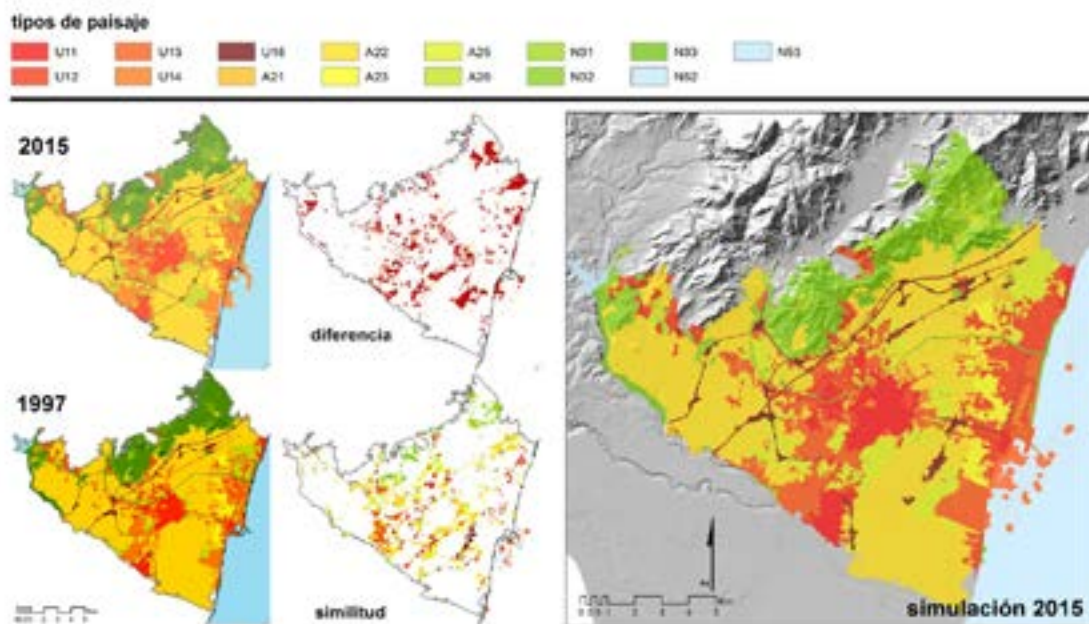


Figura 3. Mapas unidades de paisaje 1997 y 2015, unidades de paisaje simuladas en 2015 y diferencia y similitud entre 2015 y simulación 2015

La simulación se valida mediante dos funciones que comparan el modelo observado y el calculado, obteniéndose la calidad de la calibración. Para los diecisiete tipos de paisaje que conforman el área de estudio se han obtenido los resultados expresados en la tabla 4 para la simulación de la transición de 1997 a 2015.



Similarity of Differences		Segunda media	Primera media
		0.5223276921	0.5775050939
Multi Window Similarity of Differences	Ventana	Mínima similitud	Máxima similitud
	1	0.4979548089	0.5331176728
	3	0.510295322	0.5955583309
	5	0.5229140468	0.6381950639
	7	0.5354410288	0.6663126449
	9	0.5478367368	0.6861796551
	11	0.5601891839	0.7017920157
	13	0.5723059343	0.7149400652
	15	0.5841593906	0.7265429294
	17	0.5955287736	0.7369519683
	19	0.6063984199	0.7464179251
	21	0.6168996036	0.7551564071
	23	0.6270345624	0.7631466521
	25	0.6366414412	0.7705675342
	27	0.6458977583	0.7775364396
	29	0.6547923258	0.7840342033
	31	0.6633698962	0.7901398812
	33	0.6717393672	0.7959732551
	35	0.679827643	0.801506376

Esta calibración de la transición de los tipos de paisaje será la base para analizar los posibles escenarios de las unidades de paisaje en los próximos años. Esto permitirá analizar la correlación entre tipos de paisaje y las calificaciones y clasificaciones de suelo del planeamiento urbanístico vigente. Además, la combinación de dinámica del paisaje y su relación con el planeamiento urbanístico permitirá establecer las bases para una mejor toma de decisiones para la redacción del planeamiento territorial.

#### 4. CONCLUSIONES

Los cambios del paisaje en espacios litorales del Mediterráneo occidental se han producido a lo largo del tiempo, debido a la histórica e intensa ocupación humana del litoral, con un aumento muy importante durante los últimos cien años. En este periodo de tiempo han desaparecido tipos de paisaje que eran predominantes en los siglos anteriores, principalmente el marjal en humedal y el agrícola de arbolado en seco. Estos paisajes se han sido sustituidos principalmente por los tipos urbanos, tanto los tejidos densos y dispersos en llanura como los industriales y terciarios más relacionados con las nuevas formas de ocupación del suelo por parte de las sociedades actuales. Estas transformaciones del paisaje se simulan mediante la cadena de Markov y el método estadístico de ponderación de las variables (WoE), base del procedimiento de autómatas celulares (CA). Con ello obtenemos las variables con intervención significativa en el cambio, así como los valores de media, varianza e isometría de cada una de las transiciones.

Este trabajo genera la calibración con la que analizar los posibles escenarios de paisaje en los próximos años. Para ello se podrá realizar un análisis de relación entre el planeamiento urbanístico vigente y su relación con los tipos de paisajes generados. Esta dinámica del paisaje histórico permitirá una mejor toma de decisión en la futura planificación territorial.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Agnoletti, M. (2014): Rural landscape, nature conservation and culture: Some notes on research trends and management approaches from a (southern) European perspective. *Landscape and Urban Planning*, 126(0), 66-73.
- Aguilo Alonso, M., Aramburu Maqua, M. P., Blanco Andray, A., Calatayud Prieto-Lavain, T. y Carrasco González, R. M. (1992): *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- Antrop, M. (1997): The concept of traditional landscapes as a base for landscape evaluation and planning. The example of Flanders Region. *Landscape and Urban Planning*, 38(1), 105-117.
- Antrop, M. (2005): Why landscapes of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning*, 70(1-2), 21-34.
- Belda-Carrasco, R., Iranzo-García, E. y Pascual Aguilar, J. A. (2017): El modelo de transformación del paisaje en espacios litorales: el área de Castelló de la Plana en los últimos cien años. In *Naturaleza, Territorio y Ciudad en un mundo global. XXV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles*. pp. 1809-1817: Asociación de Geógrafos Españoles.
- Carvalho-Ribeiro, S., Ramos, I. L., Madeira, L., Barroso, F., Menezes, H. y Pinto Correia, T. (2013): Is land cover an important asset for addressing the subjective landscape dimensions? *Land Use Policy*, 35, 50-60.
- Centro de Sensoriamento Remoto (CSR/UFMG): (2018): Dinamica EGO. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.
- Costa Talens, M. (1982): Pisos Bioclimáticos y series de vegetación en el área valenciana. *Cuadernos de Geografía*, 31(31), 129-142.
- García Martín, F. M. y Ros Sempere, M. (2016): Patrones de la ocupación informal del territorio periurbano de la Huerta de Murcia, 1929-2015. In *VIII Congreso Internacional de Ordenación del Territorio* (p. 15). Fuerteventura: Asociación Interprofesional de Ordenación del Territorio, FUNDICOT.
- Institut cartogràfic valencià. (2018): Infraestructura Valenciana de Dades Espacials (IDEV): Retrieved February 15, 2018, from [http://www.icv.gva.es/auto/aplicaciones/icv\\_geocat/](http://www.icv.gva.es/auto/aplicaciones/icv_geocat/)
- Marcucci, D. J. (2000): Landscape history as a planning tool. *Landscape and Urban Planning*, 49(1), 67-81.
- Nti, I. K. y Sallis, P. J. (2013): *Geospatial Process Modelling for Land Use Cover Change*. Auckland University of Technology. Retrieved from <https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiV882b6evZAhUBbhQKHQ5DCyAQFggpMAA&url=http%3A%2F%2Faut.researchgateway.ac.nz%2Fbitstream%2Fhandle%2F10292%2F6026%2FNtik.pdf%3Fsequence%3D3%26isAllowed%3Dy&usg=AOvVaw2mqyf9hAhp0Bhg9g5lZmh>
- Palang, H., Spek, T. y Stenseke, M. (2011): Digging in the past: New conceptual models in landscape history and their relevance in peri-urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 344-346.
- Plieninger, T., Draux, H., Fagerholm, N., Bieling, C., Bürgi, M., Kizos, T., ... Verburg, P. H. (2016): The driving forces of landscape change in Europe: A systematic review of the evidence. *Land Use Policy*, 57, 204-214.
- Quereda Sala, J., Montón Chiva, E. y Escrig Barberá J. (2010): Los recursos hídricos en el sistema hidrográfico del río Mijares- La Plana. *Investigaciones Geográficas*, 51(51), 185-201.
- Rivas-Martínez, S., Penas, Á., Díaz-González, T. E., Del Río, S., Cantó, P., Herrero, L., ... Carlos COSTA, J. (2014): Biogeography of Spain and Portugal. Preliminary typological synopsis. *International Journal of Geobotanical Research*, 4(March), 1-64.

- Rodrigues, H. y Soares-Filho, B. (2018): A Short Presentation of Dinamica EGO (pp. 493-498). Springer, Cham.
- Segado Vázquez, F., García Martín, A. y Rosique Campoy, M. (1996): *Ordenación del territorio*. Universidad de Murcia.
- Soares-filho, B. S., Rodrigues, H. O., Costa, W. L., Juliana, J., Davis, L. y Schlesinger, P. (2009): Modeling Environmental Dynamics with Dinamica EGO. Belo Horizonte: Centro de Sensoramiento Remoto, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Tieskens, K. F., Schulp, C. J. E., Levers, C., Lieskovský, J., Kuemmerle, T., Plieninger, T. y Verburg, P. H. (2017): Characterizing European cultural landscapes: Accounting for structure, management intensity and value of agricultural and forest landscapes. *Land Use Policy*, 62, 29-39.