

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE CONDICIONAN LA EVOLUCIÓN DE LOS USOS DEL SUELO EN LOS PEQUEÑOS ASENTAMIENTOS URBANOS DE LA COSTA NORTE DE GALICIA

A.M. García Lamparte, I. Santé Riveira y R. Crecente Maseda

Laboratorio do Territorio, Universidade de Santiago de Compostela

RESUMEN

La estructura urbana condiciona en gran medida su evolución futura. En el presente trabajo se analiza la evolución de los usos del suelo en un área rururbana de la costa norte de Galicia, identificando los procesos de cambio de los pequeños asentamientos urbanos característicos de las áreas periféricas gallegas. El análisis del patrón espacial de los usos urbanos se abordó mediante el cálculo de una serie de métricas espaciales, para posteriormente estudiar las variables que condicionaron la generación de esos patrones mediante técnicas de regresión logística y de este modo identificar los procesos que originaron la estructura urbana.

Palabras clave: patrones, crecimiento urbano, dispersión, regresión logística, índices del paisaje.

ABSTRACT

The urban structure conditions greatly its future evolution. In the present work the evolution of land uses in a rururban area of the Galician north coast is analyzed, by identifying the land use change processes of the small urban settlements of the periferic Galician areas. The analysis of the spatial pattern of urban land uses was carried out by means of several spatial metrics, subsequently the variables that conditioned these patterns were studied through logistic regression techniques, so the processes causing the urban structure were identified.

Key words: patterns, urban growth, dispersion, logistic regression, landscape indexes.

Fecha de recepción: noviembre 2008.

Fecha de aceptación: octubre 2010.

I. INTRODUCCIÓN

Debido al auge socioeconómico de finales de la década de los cincuenta, las ciudades comenzaron a experimentar un notable crecimiento. Surge así la necesidad de estudiar científicamente este fenómeno, para intentar comprender mejor los problemas derivados del mismo (Berling-Wolff y Wu, 2004). Este proceso de expansión de las ciudades puede generar diferentes inconvenientes dependiendo del patrón que adquieren (Chin, 2002). Para intentar abordar estos problemas es necesario conocer las dinámicas que los originan, así como las variables que participan en ellas. Existen numerosos estudios sobre las dinámicas de crecimiento de grandes áreas metropolitanas (Cheng y Masser, 2004; Xiao et al., 2006; Xu et al., 2007). Sin embargo, estos estudios son menos frecuentes en áreas rururbanas. Entre ellos pueden citarse el trabajo de Sui y Zeng (2001) sobre las regiones desakota de Asia, en las que se combinan usos urbanos y rurales debido al crecimiento urbano a costa de los espacios rurales densamente poblados, y el de Pinto y Antunes (2007), en el que simulan los patrones de expansión de pequeños núcleos de población rurales. En el presente artículo se plantea el análisis de la evolución de los usos del suelo en un área rururbana de la costa norte de Galicia correspondiente al municipio de Ribadeo, con el fin de estudiar la evolución de los pequeños asentamientos urbanos característicos de esta región.

La principal característica de los asentamientos de población gallegos es su dispersión. Buena prueba de ello es que aproximadamente la mitad de las entidades de población de España se asientan en Galicia y el 16% de su población reside en núcleos de menos de 10 habitantes (Enríquez y Rodríguez, 2007). La estructura dispersa de los asentamientos, el desplazamiento de la población rural hacia las áreas urbanas y la mejora de las comunicaciones han contribuido a la formación de ciudades difusas (Dalda et al., 2006) que albergan una serie de problemas. La dispersión de la población en el territorio implica un incremento de los costes necesarios para dotarla de servicios, encarece el transporte público, aumenta la dependencia del vehículo privado con el consiguiente aumento de la contaminación y la congestión viaria, genera problemas fiscales debido a que las personas pagan sus impuestos en el municipio donde viven y demandan servicios en los municipios donde trabajan (*commuters*) y, al abarcar las áreas metropolitanas varias municipalidades, se generan problemas de conflictos de intereses y reparto de competencias que redundan en la dificultad de planificación y resolución de problemas.

El proceso de urbanización en Galicia es un fenómeno reciente que tuvo lugar en la segunda mitad del siglo XX (Rodríguez, 1993; Torres y Lois, 1995). La red urbana gallega se caracteriza por la presencia de dos ciudades rectoras (A Coruña y Vigo) en combinación con las ciudades complementarias de Ferrol y Pontevedra. Santiago de Compostela constituye una tercera área urbana que ha contribuido a la consolidación del eje urbano de la costa atlántica. En la zona interior, Lugo y Ourense se han afianzado como núcleos administrativos de un rural en recesión demográfica, vertebrado alrededor de una serie de núcleos cabecera de comarca (Rodríguez, 1993; Torres y Lois, 1995). En los últimos años se ha producido un proceso de contraurbanización, fomentado por la mejora de las vías de comunicación y el encarecimiento del suelo en las ciudades, que ha llevado a un crecimiento disperso en los municipios y núcleos cercanos a áreas urbanas (Precedo y Míguez, 2008).

El estudio de los núcleos y urbes gallegas se ha realizado desde varias perspectivas (Souto, 1997): estudios descriptivos de la morfología histórica del plano y la evolución demográfica (Chavet, 1978; Pérez, 1979), análisis del planeamiento urbanístico y sus resultados en la evolución del plano (Álvarez, 1975; Leboreiro y Tobío, 1983; González-Cebrián, 1984), estudios descriptivos de la funcionalidad (Murcia, 1981; Rodríguez, 1993; Precedo, 1994; Torres y Lois, 1995), caracterización de los agentes urbanos y su influencia en el proceso de urbanización (Clemente, 1984; Souto, 1990) y estudios de percepción subjetiva del espacio urbano (Fernández, 1988; Ferrás y García, 1993). Gran parte de estos trabajos tienen un carácter descriptivo y cualitativo, los análisis empíricos se centran fundamentalmente en el análisis de variables socioeconómicas o demográficas y los estudios a nivel espacial se basan frecuentemente en analizar la evolución del plano. Algunos estudios presentan un enfoque más espacial, al relacionar la evolución de la estructura urbana con variables desagregadas a nivel espacial; por ejemplo, Ferrás (1993) analiza la evolución de la distribución espacial de los usos del suelo urbano en Fene, Mirás (2007) estudia la evolución del patrón espacial de las actividades industriales y comerciales en la ciudad de A Coruña y Viloch (1989) estudia la evolución de la población y de la distribución espacial de las actividades terciarias en la villa de Foz. El trabajo presentado en este artículo se enmarca en este tipo de estudios, pero tratando de establecer una relación entre las variables analizadas y los procesos de cambio observados. Por otra parte, este estudio se centra en la evolución de los pequeños asentamientos urbanos de un área rururbana de Galicia, demostrando la aplicabilidad en estas zonas de técnicas basadas en métricas espaciales y métodos estadísticos para el análisis de la evolución del patrón espacial de los usos urbanos y de las variables que lo condicionan.

La problemática de los pequeños núcleos urbanos característicos de las áreas periféricas gallegas se ha estudiado a través del análisis del municipio de Ribadeo, con el fin de caracterizar la dispersión urbana propia de estas zonas en un área más reducida y con mayor detalle, para posteriormente intentar extrapolar los resultados obtenidos a otras zonas de características similares.

En este artículo, tras la descripción de los datos y la metodología empleados en el análisis, se hace una descripción del área de estudio. A continuación se exponen los resultados del análisis con métricas espaciales, destinado a conocer los patrones de uso del suelo presentes en la zona, para posteriormente analizar los factores considerados como condicionantes de la expansión urbana, con el fin de identificar aquellos que mejor explican la probabilidad de cambio de un uso del suelo a otro y determinar el peso de cada uno de ellos en estas probabilidades de cambio. Finalmente, en las conclusiones se describe la influencia de las diferentes variables en las dinámicas de los usos urbanos y la relación entre éstas y los patrones de uso del suelo presentes en la zona.

II. METODOLOGÍA

1. Datos

El área de estudio abarca el núcleo de Ribadeo y las parroquias limítrofes de Piñeira, Obe, Vilaframil y Vilaselán (fig. 1). Los datos de partida para el análisis de esta zona

incluyen ortofotografías de los años 1995 y 2003, el mapa de parcelas catastrales de 1995, los datos de la Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales (EIEL) de los años 2000 y 2005, mapas de usos del suelo y carreteras de 1995 y un modelo digital del terreno (MDT).

El mapa de usos del suelo de 1995 (fig. 2) se reclasificó, utilizando como información complementaria los datos de la EIEL y las ortofotografías de 1995, en las siguientes categorías: residencial, comercial (en el que se incluyeron lonjas, mercados, establecimientos hoteleros y grandes superficies comerciales), industrial (comprendiendo naves industriales y zona portuaria), institucional (que incluye colegios, centros socioculturales, centros médicos, equipamientos deportivos y edificios administrativos), forestal, agrícola, parques (constituidos por jardines y parques públicos, zonas verdes y áreas recreativas) y carreteras. Mediante la fotointerpretación de la ortofotografía del año 2003, y tomando como referencia los usos del mapa de 1995 y los datos de la EIEL de 2005, se obtuvieron los mapas de uso del suelo y carreteras de 2003 (fig. 2). Estos mapas de uso del suelo se convirtieron a formato ráster con un tamaño de celda de 35 x 35 m. Los mapas de uso del suelo y de carreteras fueron empleados como información de base para la obtención de los factores condicionantes de la expansión urbana y para el análisis de la estructura espacial de los patrones urbanos presentes en el área de estudio.

2. Patrón espacial de uso del suelo y análisis fractal

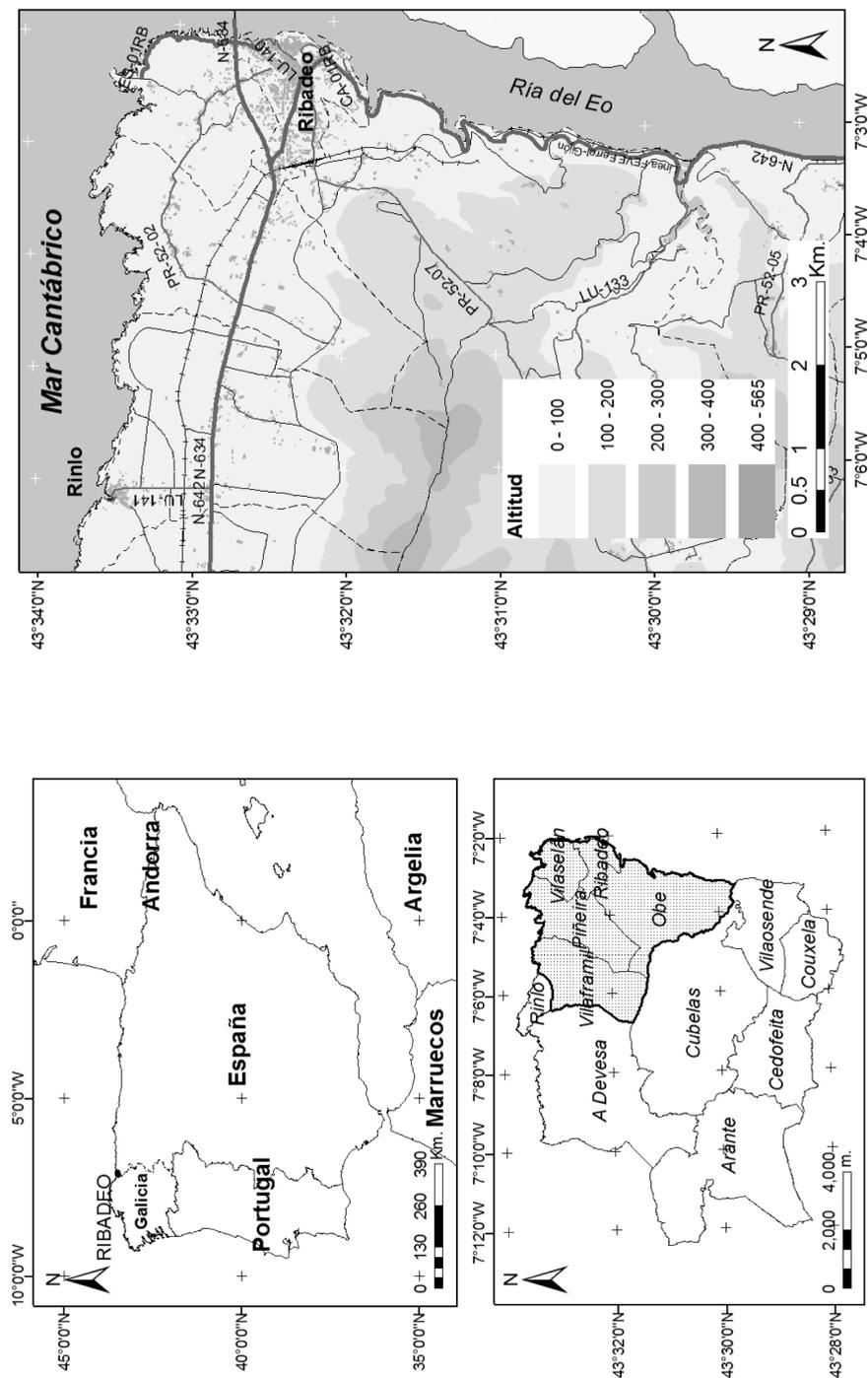
A) Métricas espaciales

La evolución de los usos del suelo puede dar lugar a diferentes patrones y estructuras espaciales. Para llegar a comprender las relaciones causa efecto entre estas dinámicas y los patrones espaciales resultantes, es necesario analizar estos últimos.

En el campo de la ecología del paisaje se han desarrollado una serie de métricas espaciales que tratan de analizar la heterogeneidad de los paisajes y la estructura espacial de los cambios que se producen en ellos. Estas métricas se han utilizado también en el análisis de la expansión de los usos urbanos. Por ejemplo, este tipo de métricas fueron empleadas por Herold et al. (2002), para analizar la evolución del suelo urbano en la ciudad de Santa Bárbara (California), por Long et al. (2009) para estudiar los cambios de los asentamientos de población en un área rururbana de la periferia de Shanghai (China) y por Swetnam (2007) para describir la evolución de los usos del suelo en zonas rurales de Gales e Inglaterra.

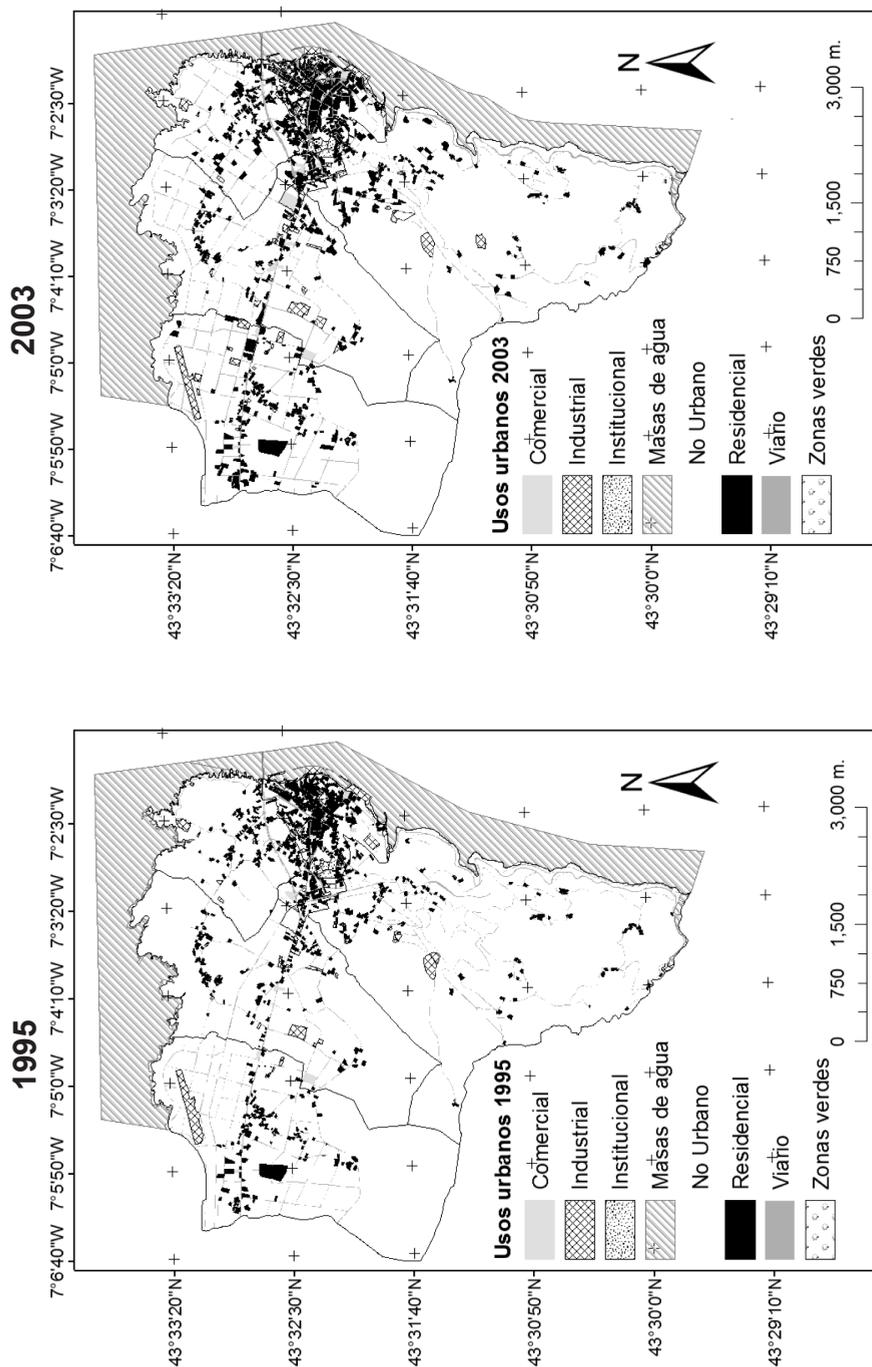
En este estudio se analizó la evolución de los patrones de uso del suelo en el área de estudio entre 1995 y 2003 para, posteriormente, intentar relacionarlos con las dinámicas presentes en la zona en este período. Con este objetivo se utilizaron las métricas espaciales descritas en la tabla 1. La elección de estas métricas se debe a que miden dos aspectos de la estructura urbana: la dispersión y la complejidad de las manchas urbanas. Estos dos aspectos permiten diferenciar núcleos urbanos compactos de áreas urbanas dispersas, y pueden relacionarse directamente con las variables consideradas en el análisis de regresión. Estas métricas se calcularon para los usos residencial, comercial e industrial en los años 1995 y 2003, a excepción del índice de contagio, cuyo cálculo sólo es posible para el

Figura 1
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y MAPA GEOFÍSICO DE LA MISMA



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la EIEL y un MDT.

Figura 2
MAPAS DE USOS URBANOS DE LA ZONA DE ESTUDIO EN 1995 Y 2003.



Fuente: Elaboración propia a partir de fotointerpretación de ortofotografías.

paisaje completo. Por otra parte, se obtuvo el valor de estas métricas para el paisaje en su conjunto, para lo cual se consideró un único uso urbano general, constituido por los usos residencial, industrial, comercial, institucional y parques. En el cálculo de estas métricas no se han tenido en cuenta las carreteras, ya que al ser elementos lineales podrían distorsionar las medidas del índice de forma y de la dimensión fractal. El software utilizado para el cálculo de las métricas espaciales ha sido FRAGSTATS (McGarigal et al., 2002).

Además de estas métricas, se calculó el índice propuesto por Xu et al. (2007) para la caracterización de tres tipos de crecimiento urbano: crecimiento del borde del núcleo urbano, crecimiento de relleno en las zonas no construidas dentro del núcleo y crecimiento nuevo en los suburbios. Para cuantificar estos tres tipos de crecimiento Xu et al. (2007) propusieron un índice que resulta de dividir la longitud del borde que tiene en común una mancha de crecimiento nuevo con las manchas urbanas ya existentes entre el perímetro total de la mancha de crecimiento nuevo. Si el valor de este índice es cero la mancha es de crecimiento nuevo, si toma valores comprendidos entre 0 y 5 se considera que la mancha es de crecimiento del borde, y si su valor es superior a 5 se considera que es de crecimiento de relleno.

B) Índice fractal

Como se puede observar en la tabla 1, una de las métricas utilizadas para analizar los patrones espaciales es la dimensión fractal. Esto se debe a que las ciudades presentan autosimilaridad espacial, es decir, están compuestas por estructuras que se repiten a lo largo del espacio y a varias escalas, igual que ocurre con las geometrías fractales (White y Engelen, 1993). Como consecuencia, las dimensiones fractales constituyen una buena herramienta para medir la complejidad de los patrones de crecimiento urbano (Thomas et al., 2008).

Por este motivo, se calculó la dimensión fractal de superficie (D_s) y la dimensión fractal de borde (D_b). La D_s se calcula a través de la relación existente entre la superficie construida y la superficie total a medida que se incrementa la distancia a un punto, que en este caso se situó en el centro aproximado del núcleo urbano de Ribadeo. Estas relaciones pueden representarse en un gráfico, donde el eje X indica la distancia al núcleo y el eje Y la relación entre superficie construida y no construida, de modo que los puntos resultantes pueden ajustarse a una recta, cuya pendiente es la D_s . La D_b se obtiene creando zonas de influencia a diferentes distancias de las manchas urbanas y midiendo la longitud del borde resultante, de modo que, al aumentar la distancia abarcada por estas zonas se produce el agrupamiento de las manchas urbanas próximas, variando, como consecuencia, la forma del borde urbano. Al igual que en el caso anterior, representando en un gráfico la longitud del borde de las manchas frente a la distancia de la zona de influencia correspondiente, puede ajustarse una recta cuya pendiente es la D_b . Estas dimensiones fractales toman valores comprendidos entre 1 y 2, de modo que cuanto mayor es la fragmentación del patrón analizado menor es el valor de D_s y mayor el de D_b . Para la realización del análisis fractal se empleó el software libre Fractalyse.

Tabla 1
 ÍNDICES ESPACIALES EMPLEADOS EN EL ANÁLISIS DEL PATRÓN ESPACIAL DE LOS USOS URBANOS

Métrica	Nombre	Descripción	Fórmula
CA (ha)	Superficie total	Superficie total de cada clase de uso del suelo	$\sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10000} \right)$
NP	Número de manchas	Número de manchas de cada clase de uso del suelo	n_i
LPI (%)	Índice de la mancha más grande	Porcentaje del paisaje que ocupa la mancha más grande	$\frac{\max(a_{ij})}{A} \times 100$
AREA_MN (ha)	Superficie media	Media de la superficie de las manchas	$\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10000} \right)}{n_i}$
SHAPE_AM	Media del índice de forma ponderada con el área	Indica la irregularidad de las manchas; un índice de 1 corresponde a una mancha cuadrada y cuanto más alto es el índice más irregular será la mancha. Al estar ponderado por el área, las manchas más grandes tendrán más peso	$\frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{P_{ij}}{\min P_{ij}} \right) \cdot a_{ij}}{n_i}$
FRAC_AM	Media de la dimensión fractal ponderada con el área	Indica el grado de complejidad de las manchas, su valor se aproxima a 1 cuando la mancha tiene un perímetro simple y a 2 cuando es más complejo	$\frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{2 \ln(0.25 P_{ij})}{\ln a_{ij}} \right) a_{ij}}{n_i}$
CONTAG (%)	Índice de contagio	Indica el grado de diversidad del paisaje. Si un paisaje está compuesto por muchas manchas pequeñas el índice se aproxima a 0, mientras que cuando el número de manchas disminuye y estas son de mayor tamaño su valor se acerca a 100	$\frac{1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left(\frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right) \cdot \ln(P_i)}{\sum_{k=1}^m g_{ik}}}{2 \ln(m)} \cdot 100$

a_{ij} = área de cada mancha j de la clase i en m^2 , n_i = número de manchas de la clase i , A = área total del paisaje, P_{ij} = perímetro de cada mancha j de la clase i en m , P_i = proporción del paisaje ocupado por las manchas de la clase i , g_{ik} = número de adyacencias entre los píxeles de la clase i y la k , m = número de clases presentes en el paisaje.

3. Técnicas de regresión logística

Una vez analizados los patrones espaciales de los usos urbanos, se identificaron los factores condicionantes de las dinámicas que los originaron. Para ello se llevó a cabo un análisis estadístico, en el cual, en primer lugar, se estudió la correlación entre las variables consideradas mediante el coeficiente de Spearman, con el fin de eliminar las que presentaban un elevado grado de correlación, para, posteriormente, aplicar varios análisis de regresión logística en los que se identificaron las variables que más influyen en la evolución de los usos urbanos y se determinó el peso relativo de cada una de ellas.

La regresión logística ha sido utilizada en numerosos estudios para analizar las variables que regulan la evolución de los usos del suelo (Cheng y Masser, 2003; Gellrich et al., 2006). Esta técnica permite analizar la contribución de una serie de variables independientes a la probabilidad de ocurrencia de una variable binomial dependiente, que, en este caso, tomará los valores urbano (1) o no urbano (0). La relación entre las variables independientes y la variable binomial dependiente se establece mediante la ec. 1, donde P es la probabilidad de que la variable dependiente sea 1 (urbano), x_0, x_1, \dots, x_k son las variables independientes y b_0, b_1, \dots, b_k son los parámetros de la regresión.

$$\ln(P/(1-P)) = b_0 * x_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + \dots + b_k * x_k + error \quad (\text{ec. 1})$$

Con el fin de identificar las variables que más contribuyen a los cambios de usos del suelo pueden utilizarse varios criterios estadísticos. Uno de estos indicadores es la probabilidad de que el cambio se pueda producir por casualidad, ($\Pr(>|z|)$), de modo que cuanto menor sea esta probabilidad, mayor será el nivel de significación de la variable a la hora de predecir el cambio.

Las variables empleadas en el análisis fueron medidas sobre mapas raster de usos del suelo con un tamaño de celda de 35 x 35 m. Se ajustó la función de probabilidad para cada una de estas variables y, en función de los resultados de estas regresiones, se seleccionaron los factores más significativos mediante el indicador anteriormente descrito. Estos factores fueron empleados en una nueva regresión para determinar el peso de cada uno de ellos en la probabilidad de transición a un uso urbano. Como paso previo a esta última regresión, se realizó una normalización de los valores de las variables, con el fin de que los coeficientes obtenidos fuesen indicadores del peso relativo de cada una de las variables.

III. CASO DE ESTUDIO

1. Descripción del área de estudio

Ribadeo es un municipio de la costa de la provincia de Lugo (España), limítrofe con el principado de Asturias. Posee una población de 9704 habitantes, de los cuales 6096 (el 63%) se asientan en el núcleo urbano de Ribadeo. Este municipio ha experimentado un notable crecimiento demográfico en los últimos años. Su situación estratégica entre las comunidades autónomas de Galicia y Asturias ha ayudado a que la villa constituyese, a lo

largo de su historia, un centro administrativo y comercial. Esto se ha visto favorecido por la construcción en 1987 del Puente de los Santos, que situó a Ribadeo en la confluencia de la N-634 y la N-640, carreteras que comunican la provincia de Lugo con el resto de la cornisa cantábrica.

El municipio está dividido en dos áreas geográficas diferenciadas (fig. 1), una llanura litoral que abarca toda la zona norte y una zona interior montañosa. La mayor parte del desarrollo urbano se produce en la llanura costera, una parte se concentra en el núcleo de Ribadeo y, en menor medida, en el de Rinlo, mientras que el resto se distribuye a lo largo de la N-634 y en las inmediaciones de los pequeños núcleos de la zona litoral. En el interior del municipio se localizan pequeñas aldeas situadas en el fondo de los valles, dedicadas a la actividad agraria, que prácticamente no han experimentado crecimiento en el período de estudio.

Los datos poblacionales muestran de que la única parroquia del municipio que ha experimentado crecimiento es la de Ribadeo (tasa media de crecimiento anual del 2,95%), y que la media de pérdida de población es mayor en las parroquias del interior (-2,15%) que en la costa (-0,89%).

A pesar de que Ribadeo es la única parroquia que gana población, no es la única donde se ha producido una expansión de la superficie urbanizada, ya que, como se puede observar en la figura 3, también se ha construido en las parroquias circundantes. En las parroquias costeras, a pesar de la pérdida de población, se ha producido un incremento de los usos urbanos, lo cual puede ser debido a la construcción de segundas residencias y de naves industriales cerca de la carretera nacional.

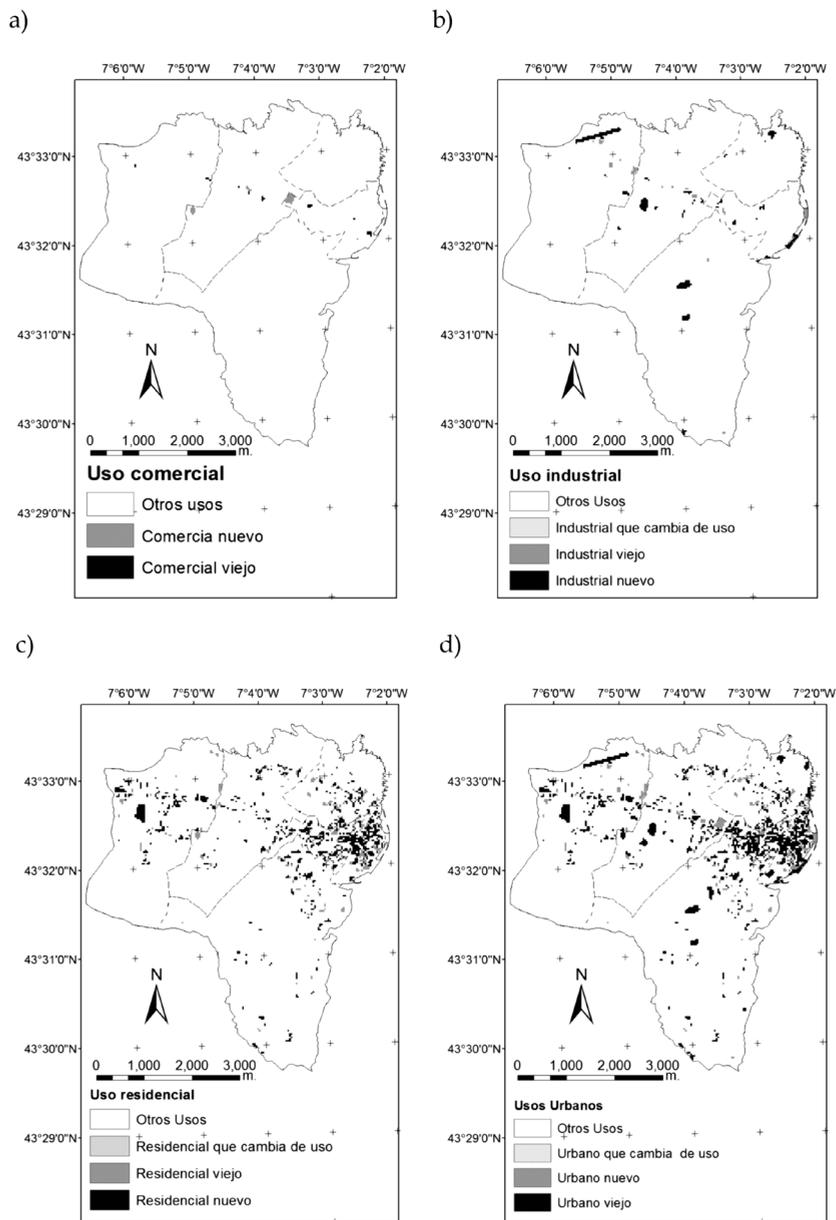
2. Análisis de la evolución y del patrón espacial de los usos del suelo urbano

Cruzando los mapas de uso del suelo de 1995 y 2003 se pudo comprobar que la mayor parte del suelo que cambió de uso correspondió a suelo agrícola (188,5 ha) y, en menor medida, a suelo forestal (31,1 ha). Los cambios del uso forestal se produjeron principalmente hacia los usos urbanos residenciales (3,4 ha), industriales (1,3 ha) y zonas verdes (1,2 ha). También se observó una pérdida de suelo agrícola a favor de suelo forestal (25,4 ha) y algunas transformaciones de suelo residencial en suelo comercial (1,5 ha).

El análisis individual de cada uso urbano (fig. 3) revela que el uso residencial (sin considerar la parroquia de Ribadeo) se asienta principalmente en las parroquias de Vilaselán y Obe, donde hay pequeñas aldeas próximas al centro de la villa de Ribadeo que atraen la construcción de viviendas unifamiliares. El suelo comercial se localiza exclusivamente en las parroquias de Ribadeo y Piñeira y el uso industrial se distribuye entre las parroquias por las que pasa la carretera nacional.

Una vez analizada la evolución de los usos del suelo, se procedió a examinar los patrones espaciales generados por los usos urbanos (fig. 3). Los resultados de las métricas espaciales para cada uso del suelo son presentados en la tabla 2. Como era previsible, la superficie total de las manchas aumentó para todos los usos entre los dos años considerados. Sin embargo, el número de manchas se mantuvo constante en el caso del uso residencial. Como consecuencia, la superficie media de cada mancha aumentó, así como la irregularidad y complejidad de las mismas. Esto indica que el uso residencial no creció

Figura 3
MAPAS DE EVOLUCIÓN DEL PATRÓN ESPACIAL DE LOS USOS DEL SUELO URBANO ENTRE 1995 Y 2003; A) USO COMERCIAL, B) USO INDUSTRIAL, C) USO RESIDENCIAL, D) USO URBANO GENERAL



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de usos del suelo de 1995 y 2003.

de forma dispersa mediante la creación de nuevas manchas, sino que se produjo un incremento de la superficie de las manchas ya existentes. En lo que se refiere al uso comercial, el índice de forma ponderado y la dimensión fractal ponderada no sufrieron cambios importantes. Sin embargo, aumentó la superficie media, el número de manchas y el índice de la mancha más grande. Esto puede ser indicativo de la construcción de nuevas áreas comerciales más grandes que las existentes hasta la fecha, como es el caso de un nuevo centro comercial situado en la confluencia de la carretera nacional y la carretera que da acceso al Puente de los Santos. En el caso del uso industrial, aparecieron nuevas manchas más pequeñas con una distribución dispersa, por lo que disminuyó la superficie media de las manchas y la dimensión fractal ponderada.

En los resultados de las métricas espaciales para el suelo urbano en su conjunto se apreció un considerable incremento en el número de manchas pero también en la superficie de la mancha media, lo que demuestra la existencia tanto de crecimiento nuevo disperso como de crecimiento de manchas ya existentes. El significativo aumento del índice de la mancha más grande indica que el crecimiento de las manchas ya existentes tiene un peso importante. Por otra parte, las manchas ya existentes se vuelven más irregulares y complejas, como indican el índice de forma medio ponderado y la dimensión fractal media ponderada. El valor del índice de contagio disminuyó, indicando que las nuevas manchas urbanas son más grandes y están menos fragmentadas.

Tabla 2
ÍNDICES ESPACIALES CALCULADOS A PARTIR DE LOS MAPAS DE USOS DE 1995 Y 2003
PARA CADA USO URBANO Y PARA EL TOTAL DEL SUELO URBANO

	CA	NP	LPI	AREA_MN	SHAPE_AM	FRAC_AM	CONTAG
Residencial95	127,03	223	0,42	0,57	2,12	1,11	
Residencial03	159,01	223	0,78	0,71	3,45	1,16	
Comercial95	2,68	7	0,01	0,38	1,12	1,05	
Comercial03	8,45	11	0,06	0,77	1,19	1,05	
Industrial95	30,33	29	0,14	1,05	1,54	1,08	
Industrial03	39,69	42	0,15	0,94	1,55	1,08	
Total95	5632,86	295	0,42	0,61	1,10	1,93	65,08
Total03	5665,62	307	0,78	0,75	1,13	2,85	61,79

Una vez analizado el patrón espacial de los usos urbanos, se caracterizó el tipo de crecimiento urbano mediante el índice propuesto por Xu et al., (2007). Como ya se intuía en los análisis anteriores, se observó que el crecimiento predominante es el crecimiento del borde, que ocupa una superficie de 28,2 ha, la cual supone un 52,8% del total de la superficie construida. Al crecimiento de borde le sigue el crecimiento nuevo, que ocupa una superficie de 20,0 ha (un 37,4% del total). El crecimiento de relleno no es demasiado importante; ocupa

5,3 ha (9,9% del crecimiento total). Teniendo en cuenta esto y los resultados descritos anteriormente, puede afirmarse que el núcleo de Ribadeo se expande de una manera dispersa aumentando la complejidad de las manchas.

Posteriormente se analizaron las características fractales del patrón de los usos urbanos mediante la D_s y la D_b . La D_s pasó de un valor de 1,13 en 1995 a 1,44 en 2003, hecho que confirma que la superficie urbana evolucionó a una forma más compacta. A pesar de esto, el valor de D_s es bajo, probablemente debido a que Ribadeo tiene una forma alargada causada por el crecimiento a lo largo de la carretera nacional. La D_b también aumentó, pasando de un valor de 1,12 en 1995 a 1,18 en 2003. Esto indica que la distribución de los bordes es cada vez más irregular. Los índices fractales corroboran que la expansión de los usos urbanos está generando manchas con bordes cada vez más irregulares, como ya se apreció en los resultados de las métricas espaciales.

3. Análisis de los factores condicionantes de la evolución de los usos urbanos

Las variables consideradas como posibles condicionantes de la evolución de los usos urbanos se seleccionaron en base a otros trabajos (tabla 3) que analizan tanto las dinámicas de grandes ciudades (Clarke et al., 1997; Li y Yeh, 2004; He et al., 2006) como de regiones que incluyen áreas urbanas y rurales (White et al., 1997; Engelen et al., 1999; Sui y Zeng, 2001; Wu, 2002; Wu y Martin, 2002; Caruso et al., 2005; Lau y Kam, 2005; Li et al., 2008), así como teniendo en cuenta la información extraíble de los datos existentes. Además, las características particulares de esta zona, relacionadas con su localización costera, fueron incorporadas en el análisis a través de variables referidas a las cuencas visuales y a la distancia a la costa y al puerto. También se consideró que el tamaño de las parcelas podría influir en los usos ubicados en ellas, dado que las zonas urbanas presentan un parcelario más fragmentado. Las variables consideradas en el análisis son presentadas en la tabla 4.

La correlación entre estas variables fue analizada empleando el coeficiente de Sperman, considerando que existe correlación si este coeficiente es superior o igual a 0,6 (tabla 5).

Algunas de las correlaciones menos previsibles se produjeron entre la altitud y la distancia a carreteras debido a que las carreteras discurren por el fondo de los valles y por la costa, por lo que atraviesan zonas bajas, así como entre la altitud y la distancia a la costa, debido a que el área de estudio está situada en su totalidad en la franja costera. Otras correlaciones son debidas a que una de las variables condiciona a la otra, como es el caso de la distancia a usos comerciales y la distancia a núcleos de población, ya que los usos comerciales buscan la proximidad a zonas habitadas. La alta correlación entre dos variables puede explicarse también por ciclos de retroalimentación, como es el caso de la distancia a usos residenciales y la distancia a carreteras principales. Por un lado los usos residenciales buscan zonas bien comunicadas y, por otro lado, las carreteras se construyen para dar acceso a los usos residenciales. Como estas variables representan factores bien diferenciados, que pueden presentar distinto grado de influencia en la evolución de los usos urbanos, no fueron eliminadas del análisis posterior. En los restantes casos, en los que la correlación es debida a que las variables miden características similares, éstas fueron eliminadas.

Tabla 3
 VARIABLES EMPLEADAS EN OTROS ESTUDIOS PARA EL ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LOS USOS URBANOS

Estudio	Región	Vecindad	Distancia a usos no urbanos	Distancia a carreteras	Distancia al tren	Distancia a centros urbanos	Pendiente	Altitud	Índice de forma
Caruso et al. 2005	Área periurbana de Bruselas								
Clarke et al. 1997	Área de la bahía de San Francisco								
Engelen et al. 1999	Randstad, región menos urbanizada del N. de Holanda								
He et al. 2006	Pequín								
Lau y Kam 2005	Melbourne Statistical Division								
Li y Yeh 2004	Dongguan (China)								
Li et al. 2008	Área metropolitana del delta del río de la Perla (China)								
Sui y Zeng 2001	Periferia rurbana de de Longhua (China)								
White et al. 1997	Cincinnati								
Wu 2002	Zonas rurales y urbanas del área metropolitana de Dongguan (China)								
Wu y Martin 2002	Sudeste de Inglaterra								

Tabla 4
VARIABLES EMPLEADAS EN LA REGRESIÓN LOGÍSTICA

Variable	Descripción	Fuente
Cuencas visuales (CV)	Zonas del área de estudio desde donde se ve el mar	Elaboración propia a partir del MDT (1)
Distancia a carreteras principales (DEP)	Carreteras nacionales	Elaboración propia a partir de la EIEL de Lugo y ortofotos (2)
Distancia a carreteras secundarias (DES)	Carreteras provinciales y autonómicas	(2)
Distancia a carreteras municipales (DEM)	Carreteras que unen núcleos y no son de titularidad estatal, ni provincial, ni autonómica	(2)
Distancia a carreteras de circunvalación (DEC)	Carretera que circunvala el núcleo de Ribadeo	(2)
Distancia a vías de ferrocarril (DF)	Vías del FEVE	(2)
Altitud (A)	Altitud en m	(1)
Pendiente (P)	Pendiente en %	(1)
Distancia a la costa (DC)		Elaboración propia a partir de mapas topográficos 1:5000
Distancia a uso comercial (DUC)	Naves comerciales, lonjas y plazas de abastos	Elaboración propia a partir de mapas de usos del suelo fotointerpretados (3)
Distancia a uso industrial (DUI)	Naves industriales y zonas portuarias	(3)
Distancia a usos residenciales (DUR)	Zonas residenciales de alta, media y baja densidad	(3)
Distancia a uso institucional (DI)	Escuelas, edificios administrativos, públicos, etc.	Elaboración propia a partir de mapas de usos del suelo y de la EIEL
Distancia a parques y zonas verdes (DV)	Incluye parques, jardines públicos y zonas verdes	(3)
Distancia a núcleos de población (DNP)		Elaboración propia a partir de ortofotos(4)
Distancia a masas arboladas (DA)		(3)
Distancia al centro de Ribadeo (DCR)		(3)
Distancia al puerto de Ribadeo (DP)		(4)
Distancia a estaciones de tren (DET)		(4)
Parcelas adyacentes a vías de comunicación (PA)	Variable binaria que indica si una parcela tiene acceso directo o no a una carretera	Elaboración propia a partir del mapa catastral (5)
Superficie de las parcelas catastrales (AP)	Superficie de las parcelas catastrales en m ²	(5)
Índice de forma de las parcelas catastrales (IF)	Relación entre el perímetro (P) y el área (A) de cada parcela: $IF = P / (4 \sqrt{A})$	(5)
Vecindad a zonas construidas (V)	Resultado de aplicar un filtro circular de 300 m de radio, donde el valor de la celda central es función de la presencia de celdas construidas en la vecindad. El filtro se divide en zonas concéntricas que engloban celdas equidistantes al centro, cada zona se pondera por un coeficiente que es menor cuanto mayor es la distancia a la celda central. Como coeficiente de disminución con la distancia se empleó la dimensión fractal de Ribadeo	(3)

Tabla 5
 ÍNDICE DE SPEARMAN PARA CADA COMBINACIÓN DE PARES DE VARIABLES. LAS CELDAS EN GRIS INDICAN LOS PARES DE VARIABLES CON UN ÍNDICE DE SPEARMAN SUPERIOR A 0,6

	CV	DEP	DES	DEM	DEC	DF	A	P	DC	DUC	DUI	DUR	DI	DV	DNP	DA	DCR	DP	DET	PA	AP	IF	V
CV	0,2	-0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,1	0,2	0	0,2	-0,1	0	0,2	-0,3	0,1	0,1	0	-0,1	0,1	0,1	-0,2
DEP		-0,2	0,2	0,4	0,8	0,8	0,4	0,8	0,4	0,8	-0,2	0,7	-0,2	0,2	0,5	-0,4	0,5	0,4	0,4	-0,4	0,3	0,2	-0,4
DES			0	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,1	0,1	-0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,1	-0,2	-0,7	-0,2	0	0	-0,1	0,1
DEM				-0,1	0,2	0,1	0	0,1	-0,1	0	0,3	0	0	0	0,1	-0,1	-0,1	0	-0,1	-0,4	0,1	0	-0,2
DEC					0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	-0,2	0,4	0,6	-0,1	0,8	0,8	-0,5	0,9	0,8	0,9	0	0,3	0,1	-0,3
DF						0,7	0,3	0,8	0,8	0,3	-0,2	0,6	-0,3	0,3	0,4	-0,3	0,5	0,5	0,5	-0,3	0,4	0,2	-0,3
A							0,5	0,7	0,5	-0,2	0,7	-0,2	0,2	0,6	0,6	-0,4	0,4	0,4	0,4	-0,3	0,3	0,2	-0,4
P								0,3	0,6	-0,2	0,4	-0,1	0,1	0,6	-0,5	0,3	0,2	0,4	0,4	-0,2	0,1	0,1	-0,3
DC									0,1	-0,2	0,6	-0,3	0,3	0,2	-0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	-0,2	0,5	0,2	-0,3
DUC										-0,1	0,3	0	0,2	0,9	-0,4	0,5	0,2	0,6	-0,3	-0,1	0,1	0,1	-0,4
DUI											-0,1	-0,1	-0,1	0	-0,1	-0,1	-0,1	0	-0,1	0	-0,1	0	0
DUR												-0,2	0,3	0,4	-0,3	0,4	0,4	0,4	-0,4	0,3	0,1	-0,5	
DI													0	-0,2	0,3	-0,1	-0,1	-0,1	0	-0,2	-0,1	0,2	
DV														0,3	-0,1	0,9	0,9	0,9	0	0,3	0	-0,2	
DNP															-0,5	0,5	0,4	0,6	0	0	0,1	-0,4	
DA																-0,4	-0,3	-0,4	0	-0,2	-0,2	0,3	
DCR																	1	1	0	0,3	0,1	-0,3	
DP																		0,9	0	0,4	0,1	-0,2	
DET																			0	0,3	0,1	-0,3	
PA																				0,3	0	0,4	
AP																						0,1	-0,1
IF																							-0,1
V																							

Una vez eliminadas las variables correlacionadas, se ajustó una regresión logística a cada una de ellas para determinar su grado de relación con la probabilidad de cambio de uso no urbano a residencial, comercial e industrial (tabla 6).

Tabla 6
GRADO DE EXPLICACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DE NO URBANO A CADA USO, CORRESPONDIENTE A CADA VARIABLE

	Uso Residencial	Uso Comercial	Uso Industrial
Variable	Pr	Pr	Pr
PA	<2e-16 ***	0,9	9,1e-06 ***
DEP	< 2e-16 ***	< 2e-16 ***	<2e-16 ***
DES	< 2e-16 ***	0,6	0,03*
A	<2e-16 ***	0,0003 ***	2,7e-10 ***
DC	<2e-16 ***	0,01 *	0,002 **
DUC	< 2e-16 ***	<2e-16 ***	<2e-16 ***
DUI	< 2e-16 ***	1,0e-12 ***	<2e-16 ***
DUR	< 2e-16 ***	1,9e-05 ***	0,0003 ***
DA	<2e-16 ***	2,9e-10 ***	2,2e-08 ***
P	<2e-16 ***	1,5e-13 ***	2,5e-10 ***
V	<2e-16 ***	3,6e-05 ***	1,4e-05 ***
DEC	<2e-16 ***	1,1e-10 ***	5,9e-05 ***
DCR	<2e-16 ***	6,0e-10 ***	0,005 **
DI	<2e-16 ***	4,0e-10 ***	4,4e-09 ***
CV	4,9e-15***	6,1e-06 ***	0,3
AP	1,7e-12 ***	0,2	0,6
IF	0,4	8,6e-06 ***	0,002 **
DEM	0,1	5,5e-09 ***	0,6

***Muy significativa Pr= 0–0,001, ** Poco significativa Pr= 0,001–0,01, * No significativa Pr=0,01–0,1

Las variables que demostraron un mayor grado de explicación fueron utilizadas posteriormente como variables independientes en tres regresiones logísticas, cuyas variables dependientes correspondieron a la probabilidad de cambio a uso residencial, comercial e industrial respectivamente. Estas regresiones permitieron determinar el peso de cada una de las variables independientes en la probabilidad de cambio a cada uso urbano (tabla 7).

En el caso del uso residencial (tabla 7), la influencia negativa de la distancia a Ribadeo puede ser indicativa de que la expansión urbana se desplaza hacia los bordes de la villa. La carretera de circunvalación atrae el crecimiento en sus inmediaciones y las parcelas adya-

centes a vías tienen preferencia a la hora de ser construidas. Las parcelas pequeñas son urbanizadas más frecuentemente que las grandes, esto puede ser debido a la concentración parcelaria realizada en el año 1995, que dio lugar a que la superficie media de las parcelas agrícolas sea superior a la de las parcelas urbanas. La proximidad a carreteras principales ejerce una influencia negativa, sin embargo, la proximidad a carreteras secundarias ejerce una influencia positiva. Los usos comerciales y residenciales atraen al uso residencial pero el industrial lo repele. La proximidad a la costa no influye positivamente, lo cual puede ser debido a las leyes de protección del litoral. La altitud tampoco influye positivamente.

Tabla 7
COEFICIENTES QUE DETERMINAN EL GRADO DE CONTRIBUCIÓN DE CADA VARIABLE A LA PROBABILIDAD DE CAMBIO DE NO URBANO A RESIDENCIAL, COMERCIAL O INDUSTRIAL

	Uso Residencial	Uso Comercial	Uso Industrial
Variable	Coef.	Coef.	Coef.
PA	0,9		0,8
DEP	0,3	-1,2e+14	-7,0
DEM		6,2e+13	
DES	-1,4		
A	-3,5	-9,4e+14	-0,7
DC	0,2		
DUC	-2,4	-4,6e+14	-1,5
DUI	1,0	2,2e+13	-10,6
DUR	-1,4	4,5e+14	2,4
DA	0,2	3,3e+13	0,1
P	0,4	1,1e+14	1,1
V	0,02	2,02e+13	-0,05
DEC	-4,8	1,6e+15	-0,5
DCR	6,6	-1,2e+15	
DI	0,3	2,7e+13	0,5
CV	-0,4	-3,2e+13	
AP	-1,8		
IF		3,1e+15	

Los usos comerciales (tabla 7) se localizan preferentemente en parcelas regulares próximas al núcleo de Ribadeo y a la carretera principal. El uso comercial es atraído por otros usos comerciales pero no por los usos residenciales ni industriales. El hecho de que los usos comerciales busquen parcelas próximas a núcleos de población pero no a zonas residenciales

puede explicarse porque sólo se han considerado grandes superficies comerciales, las cuales requieren parcelas de gran extensión que son difíciles de encontrar dentro de los núcleos de población, por lo que se suelen localizar en las proximidades de los núcleos.

En el caso del suelo industrial (tabla 7), los factores más determinantes son la distancia a otros usos industriales y a la carretera principal. La proximidad a los usos residenciales influye negativamente y la proximidad a los comerciales positivamente.

IV. CONCLUSIONES

Se ha demostrado que los análisis basados en índices espaciales y regresiones logísticas constituyen herramientas útiles para estudiar la evolución de los usos del suelo urbano e identificar las diferentes variables que dirigen estas dinámicas. El presente trabajo ha permitido adquirir un conocimiento más profundo sobre los procesos de expansión de un pequeño núcleo urbano costero, que puede ser extrapolado a otras regiones de características similares de la periferia de Galicia. El conocimiento de la evolución urbana facilita la implementación de herramientas de ayuda a la planificación urbana y territorial, como los modelos de simulación urbana que permiten predecir las consecuencias futuras de la toma de decisiones sobre el territorio, así como evaluar posibles escenarios de planificación.

El análisis de la estructura espacial de los usos urbanos en la zona de estudio reveló que el crecimiento de estos usos se produjo en su mayor parte a través de la expansión de las manchas urbanas ya existentes, siguiendo una distribución irregular y dispersa. La mayor parte del crecimiento urbano correspondió a los usos residenciales, concentrándose en su mayor parte en el núcleo principal. En las áreas rurales circundantes, el crecimiento del uso residencial se produjo aprovechando la estructura urbana ya existente y se debió en gran medida a la construcción de segundas residencias.

El análisis de regresión logística permitió identificar los principales factores que condicionaron la expansión de los usos urbanos en el período de tiempo analizado. Se comprobó que los usos residenciales se localizan preferentemente en parcelas adyacentes a vías de comunicación, pero no a vías con mucho tráfico como pueden ser las carreteras principales, que la proximidad a la costa influye negativamente, posiblemente debido a la ley de protección de costas, y que, al igual que en las grandes ciudades, la proximidad a áreas industriales influye negativamente.

Otro factor que influyó de forma importante en la evolución del área de estudio fue la concentración parcelaria. Este proceso implicó la construcción de nuevas carreteras para dar acceso a las fincas agrícolas, las cuales, sin embargo, favorecieron el desarrollo urbano de estas zonas rurales. No obstante, las parcelas concentradas no han sido urbanizadas, debido probablemente a que poseen una renta muy alta para los usos agrícolas.

La construcción de grandes superficies comerciales determinó en gran medida el cambio en el patrón espacial del uso comercial y provocó la proliferación de otros usos comerciales en sus proximidades. Se comprobó la gran importancia de la proximidad a la carretera principal y a la carretera de circunvalación para este uso.

En el caso del uso industrial, las dos variables con mayor influencia en su localización son la proximidad a la carretera principal y a otros usos industriales. El crecimiento disperso

es debido en gran medida a este uso. La causa de esto puede ser que el suelo industrial delimitado en el plan general de 1978 fue ocupado por usos comerciales que desplazaron las nuevas actividades industriales a otras zonas no reguladas por el plan (el planeamiento en esa fecha solo incluía la zonificación de la parroquia de Ribadeo). La zona portuaria, que es otra de las zonas industriales del municipio, no dispuso de mucho espacio para crecer por estar situada dentro del núcleo.

En general, las dinámicas de los usos del suelo de Ribadeo no presentan grandes diferencias con respecto a las de las grandes ciudades, donde la proximidad a vías de comunicación y la vecindad determinan en gran medida la estructura del núcleo de población. Los resultados de las métricas espaciales y del indicador del tipo de crecimiento urbano han demostrado que los patrones de los usos urbanos en el área de estudio, aunque puedan parecer dispersos a simple vista, aprovechan la distribución de los asentamientos existentes para crecer, por lo que el nuevo crecimiento se hace a expensas del antiguo y la villa crece por expansión de las zonas urbanas existentes y no a través de crecimiento espontáneo.

V. BIBLIOGRAFÍA

- AYUDA, M., COLLARES, F., PINILLA, V. (2005): *Explicando la concentración a largo plazo de la población española, 1860-2000*. URL: www.ceddar.org/content/files/articulo_lof_280_01_DT-2005-3.pdf (1/10/2008).
- BERLING-WOLFF, S., WU, J. (2004): «Modeling urban landscape dynamics: A review». *Ecological Research*, nº 19, págs. 119-129.
- CARUSO, G., ROUNSEVELL, M., COJOCARU, G. (2005): «Exploring a spatio-dynamic neighbourhood-based model of residential behaviour in the Brussels periurban area». *International Journal of Geographical Information Science*, nº 19(2), págs. 103-123.
- CHAVET, A. (1978): «El plano de la ciudad de La Coruña y su evolución». En: *Miscelánea de Geografía de Galicia*. Santiago de Compostela, Universidad de Santiago de Compostela, págs. 59-84.
- CHENG, H. Q., MASSER, I. (2003): «Urban growth pattern modeling: a case study of Wuhan city, PR China». *Landscape and Urban Planning*, nº 62, págs. 199-217.
- CHENG, J. Q., MASSER, I. (2004): «Understanding spatial y temporal processes of urban growth: cellular automata modelling». *Environment and Planning B-Planning & Design*, nº 31, págs. 167-194.
- CHIN, N. (2002): *Unearthing the roots of urban sprawl: A critical analysis of form, function y methodology*. London, Center for Advanced Spatial Analysis (CASA), University College London.
- CLARKE, K. C., HOPPEN, S., GAYDOS, L. (1997): «A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area». *Environment and Planning B: Planning and Design*, nº 24, págs. 247-261.
- CLEMENTE, E. (1984): *Desarrollo urbano y crisis social en Ferrol*. Salamanca, Universidad de Salamanca - C.O.A.G.
- DALDA, J. L., DOCAMPO, M. G, HARGUINDEY, J. G. (2006): *Cidade difusa en Galicia*. Santiago de Compostela, Dirección Xeral de Urbanismo, Xunta de Galicia.

- ENGELEN, G., GEERTMAN, S., SMITS, P., WESSELS, C. (1999): *Dynamic GIS and Strategic Physical Planning Support: a practical application to the IJmond/Zuid-Kennemerland region*. En: Geographical Information and Planning. Berlin, Springer-Verlag, págs. 87-111.
- ENRÍQUEZ, R. O., RODRÍGUEZ, S. G. (2007): «Urban deconcentration in the territorial system of Galicia: A conceptual y empirical approach». *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, nº 44, págs. 383-386.
- FERNÁNDEZ, M. G. (1988): «Experiencia sobre a percepción do medio e o grau de identificación coa localidade». *Terra*, nº 3, págs. 51-59.
- FERRÁS, C. (1993): *Desenvolvemento urbanístico e económico en Fene, séculos XIX e XX*. Santiago de Compostela, Universidade de Santiago de Compostela - Concello de Fene.
- FERRÁS, C., GARCÍA, L. (1993): «Análise e avaliación da escena urbana dos cascos históricos. Un caso concreto de planeamento urbano: Ribadavia». *Terra*, nº 5, págs. 37-45.
- GELLRICH, M., BAUR, P., KOCH, B., ZIMMERMANN, N. E. (2006): «Agricultural land abandonment and natural forest re-growth in the Swiss mountains: A spatially explicit economic analysis». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, nº 118, págs. 93-108.
- GONZÁLEZ-CEBRIÁN, J. (1984): *La ciudad a través de su plano*. La Coruña, Excmo. Ayuntamiento de Coruña.
- HE, C., OKADA, N., ZHANG, Q., SHI, P., ZHANG, J. (2006): «Modeling urban expansion scenarios by coupling cellular automata model and system dynamic model in Beijing, China». *Applied Geography*, nº 26, págs. 323-345.
- HEROLD, M., SCEPAN, J., CLARKE, K. C. (2002): «The use of remote sensing y landscape metrics to describe structures y changes in urban land uses». *Environment and Planning A*, nº 34, págs. 1443-1458.
- LAU, K. H., KAM, B. H. (2005): «A cellular automata model for urban land-use simulation». *Environment and Planning B-Planning & Design*, nº 32, págs. 247-263.
- LAVALLE, C., BARREDO, J. I., McCORMICK, N., ENGELEN, G., WHITE, R., ULJEE, I. (2004): *The MOLAND Model for Urban y Regional Growth Forecast. A Tool for the Definition of Sustainable Development Paths*. Italia, Institute for Environment y Sustainability, Joint Research Centre, European Commission.
- LEBOREIRO, M. A., TOBÍO, C. (1983): «Planeamiento y zonas de asentamiento rural disperso en la provincia de Pontevedra». *Revista Internacional de Sociología*, nº 48, págs. 593-637.
- LI, X., YANG, Q., LIU, X. (2008): «Discovering and evaluating urban signatures for simulating compact development using cellular automata». *Landscape and Urban Planning*, nº 86, págs. 177-186.
- LI, X., YEH, A. G.-O. (2004): «Data mining of cellular automata's transition rules». *International Journal of Geographical Information Science*, nº 18(8), págs. 723-744.
- LONG, H., LIU, Y., WU, X., DONG, G. (2009): «Spatiotemporal dyanmic patterns of farmland and rural settlements in Xu-Xi-Chang region: implications for building a new countryside in coastal China». *Land Use Policy*, nº 26, págs. 322-333.
- McGARIGAL, K., CUSHMAN, S. A., NEEL, M. C., ENE, E. (2002): *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. Massachusetts, University of Massachusetts. URL: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html (último acceso 02/12/2008)

- MIRÁS, J. (2007): «Crecimiento urbano y transformaciones en la localización de la actividad económica en A Coruña». *Scripta Nova*, nº 11(252), págs. 1914-1935.
- MURCIA, E. (1981): *Las villas costeras en el sistema urbano Asturiano*. Oviedo, Silverio Cañada Editores.
- PÉREZ, M.L. (1979): *Estructura morfológica y ritmo de la ciudad de Pontevedra y su población*. Tesis doctoral. Santiago de Compostela, Universidad de Santiago de Compostela.
- PINTO, N. ANTUNES, A. (2007): «A celular automata model for the study of small urban areas». *15th European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography, Montreux (Suiza)*.
- PRECEDO, A. (1994): *Desenvolvemento territorial e planificación territorial*. Santiago de Compostela, Consellería de Presidencia, Xunta de Galicia.
- PRECEDO, A., MÍGUEZ, A. (2008): «Galicia: El tránsito hacia una sociedad urbana en el contexto de la Unión Europea». *Revista Galega de Economía*, nº 17, págs. 1-18.
- RODRÍGUEZ, R. (1993): «As cabeceiras comarcais no proceso de urbanización de Galicia». *Pontenova*, nº 0, págs. 113-126.
- SOUTO, X. M. (1990): *Vigo: cen anos de historia urbana (1880-1980)*. Vigo, Edicións Xerais, 636 pp.
- SOUTO, X. M. (1997): «Los estudios urbanos en Galicia». *Eria*, nº 43, págs. 199-214.
- SUI, D. Z., ZENG, H. (2001): «Modeling the dynamics of landscape structure in Asia's emerging desakota regions: a case study in Shenzhen». *Landscape and Urban Planning*, nº 53, págs. 37-52.
- SWETNAM, R.D. (2007): «Rural landuse in England and Wales between 1930 and 1998: mapping trajectories of change with a high resolution spatio-temporal dataset». *Landscape and Urban Planning*, nº 81, págs. 91-103.
- THOMAS, I., FRANKHAUSER, P., BIEMACKI, C. (2008): «The morphology of built-up landscapes in Wallonia (Belgium): A classification using fractal indices». *Landscape and Urban Planning*, nº 84, págs. 99-115.
- TORRES, M. P., LOIS, R. (1995): «Claves para la interpretación del mundo urbano gallego». *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, nº 15, págs. 731-740.
- VILOCH, M.P. (1989): *Foz: análisis de la estructura demográfica de una villa costera lucense*. En: Actas del Simposio Internacional Otero Pedrayo e a Xeografía de Galicia. Santiago de Compostela, Consello da Cultura Galega, págs. 367-379.
- WHITE, R., ENGELEN, G. (1993): «Cellular-automata and fractal urban form - a modeling approach to the evolution of urban land-use patterns». *Environment and Planning A*, nº 25, págs. 1175-1199.
- WHITE, R., ENGELEN, G. (1993): «Cellular-automata and fractal urban form - a modeling approach to the evolution of urban land-use patterns». *Environment and Planning A*, nº 25, págs. 1175-1199.
- WHITE, R., ENGELEN, G., ULJEE, I. (1997): «The use of celular automata for high-resolution modeling of land-use dynamics». *Environment and Planning B- Planning & Design*, nº 24 (3), págs. 323-343.
- WU, F. (2002): «Calibration of stochastic cellular automata: the application to rural-urban land conversions». *International Journal of Geographical Information Science*, nº 16(8), págs. 795-818.

- WU, F. L., MARTIN, D. (2002): «Urban expansion simulation of Southeast England using population surface modelling y cellular automata». *Environment and Planning A*, n° 34, págs. 1855-1876.
- XIAO, J. Y., SHEN, Y. J., GE, J. F., TATEISHI, R., TANG, C. Y., LIANG, Y. Q., HUANG, Z. Y. (2006): «Evaluating urban expansion y land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS y remote sensing». *Landscape and Urban Planning*, n° 75, págs. 69-80.
- XU, C., LIU, M. S., ZHANG, C., AN, S. Q., YU, W., CHEN, J. M. (2007): «The spatiotemporal dynamics of rapid urban growth in the Nanjing metropolitan region of China». *Landscape Ecology*, n° 22, págs. 925-937.

