

ANÁLISIS DE LA PRESERVACIÓN DE INFORMACIÓN EN PROCESOS DE RASTERIZACIÓN MEDIANTE USO DE DATOS CATEGÓRICOS E ÍNDICES DE PAISAJE

Emilio R. Díaz Varela

Manuel F. Marey Pérez

Jose A. Riveiro Valiño

Carlos J. Álvarez López

Grupo de Investigación 1716-Proyectos y Planificación Rural. Departamento de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela. Escola Politécnica Superior. Campus Universitario, s/n. 27002 - Lugo

Abstract

Rasterization processes, understood as the conversion from vector to raster cartographical data formats, are common in the use of geographical information systems (GIS). As such processes involve the redistribution of the information shown in maps, it is important to know how many data is lost when a specific resolution or cell size is chosen, as this decision has consequences in the correct use of data. In this work the potential of landscape metrics to analyse the loss of information in rasterization processes is explored. To do so, deviation from original data is studied in maps rasterized at different resolutions from an original vector map. Simultaneously, landscape metrics are calculated for each land cover class. Results allowed to group classes depending on how the characteristics of their landscape elements reflect their capacity to preserve cartographical information..

Keywords: *Geographical information systems; Rasterization; Landscape metrics; Landscape ecology; Digital cartography*

Resumen

Los procesos de rasterización, o conversión de formatos vectoriales a raster, son comunes en el empleo de sistemas de información geográfica (SIG). Al implicar una redistribución de la información existente en los mapas, es importante conocer cuantos datos se pierden cuando se elige una resolución o tamaño de celda en particular, ya que esta decisión tiene consecuencias en el uso correcto de los datos. En este estudio se explora el potencial de los índices de ecología del paisaje para analizar la pérdida de información en procesos de rasterización. Con tal fin, se estudia la desviación de los datos originales en mapas derivados de la rasterización, a diferentes resoluciones, de un mapa vectorial original. Paralelamente, se calculan índices de ecología del paisaje para cada clase de cobertura del suelo. Los resultados obtenidos han permitido el agrupamiento de clases en función de cómo sus características como elementos del paisaje reflejan la capacidad para preservar la información cartográfica.

Palabras clave: *Sistemas de Información Geográfica; Rasterización; Índices de paisaje; Ecología del paisaje; Cartografía digital*

1. Introducción

Los procesos de rasterización implican la conversión de datos espaciales digitales desde formatos vectoriales a formatos raster. Esta conversión se utiliza necesariamente en muchos Sistemas de Información Geográfica (SIG) con el fin de transformar datos originalmente vectoriales, de forma que los raster resultantes permitan la realización de operaciones únicamente viables en este tipo de formatos, especialmente los relativos a álgebra de mapas (por ejemplo, operaciones entre múltiples capas, análisis de patrones espaciales, estadística espacial, etc.). Pese a que en muchos de los SIG disponibles actualmente, la rasterización es un proceso directo, éste presenta varios problemas asociados con el método empleado para la conversión de datos, y con la precisión de los datos obtenidos tras la transformación. Por ejemplo Congalton (1997) identificó tres problemas principales a este respecto: llenado de polígonos (polygon fill), asignación de celdas (cell assignment) y tamaño de celda (cell size) como los principales problemas en transformación de vector a raster. El llenado de polígonos está relacionado con la correspondencia temática entre las celdas del raster y el valor original en el polígono vectorial. La asignación de celdas supone la transferencia del valor del polígono a la celda en función de su correspondencia espacial. Para ello, se emplean fundamentalmente dos métodos (Longley et al., 2005): la regla de mayoría (largest share rule), donde a la celda se le asigna el valor con mayor superficie dentro del área ocupada por la celda de nueva creación; y la regla de punto central (central point rule), donde el valor asignado es el coincidente con el centroide de la futura celda. Finalmente, los problemas de tamaño de celda son los derivados de la elección de un tamaño de celda específico. Se han realizado numerosos estudios sobre estos problemas, sobre todo los dos últimos (Wehde, 1987; Constanza & Maxwell, 1994; Hlavka & Dungan, 2002; Shortridge & Goodchild, 2002; Shortridge, 2004). No obstante, todavía es necesario explorar una de las consecuencias específicas de estos problemas: la incertidumbre en la distribución espacial de la información.

Efectivamente, el cambio en el tamaño de celda provoca que la información se redistribuya a lo largo del mapa en una forma diferente de la original, lo cual puede llevar a notables inconsistencias en los resultados obtenidos para los diferentes tipos de cobertura del suelo (Marceau and Hay, 1999; Fassnacht et al., 2006), dando lugar a un caso específico del problema de la unidad espacial modificable (PUEM) o Modifiable Areal Unit Problem (MAUP) en idioma inglés (Jelinski and Wu, 1996; Bosque Sendra, 1997; Marceau, 1999), que ocurre cuando un conjunto de datos espaciales se combina en un número menor de unidades de superficie mayor. Esta reorganización está fuertemente influida por las características inherentes de los diferentes elementos representados en el mapa en la forma de teselas, tales como su forma, abundancia o distribución espacial. La medida de la incertidumbre en mapas categóricos se ha abordado desde diferentes métodos (Tobler, 1997; Bishop et al., 2001; Li & Zhang, 2005; Goodchild, 2008). Sin embargo, el empleo de índices de paisaje, entendidos como índices cuantitativos que describen estructuras o patrones en el territorio (O'Neill et al., 1988), permite abordar de forma directa la variación en las características de los elementos representados. Los índices de paisaje han sido empleados en diferentes campos (ver por ejemplo O'Neill et al., 1988; Botequilha and Ahern, 2002; Botequilha et al., 2006), pero además poseen un elevado potencial como método de análisis de la incertidumbre en mapas (Shortridge, 2004; Visser and De Nijs, 2006; Dendoncker et al., 2008).

2. Objetivos

El objetivo de este estudio se basa en estudiar el potencial de los índices de paisaje para el análisis de la preservación de la información espacial en mapas categóricos a través de procesos de rasterización. Específicamente, la meta es analizar el efecto de la variación del método de asignación de celdas en la organización espacial de las clases de cobertura de

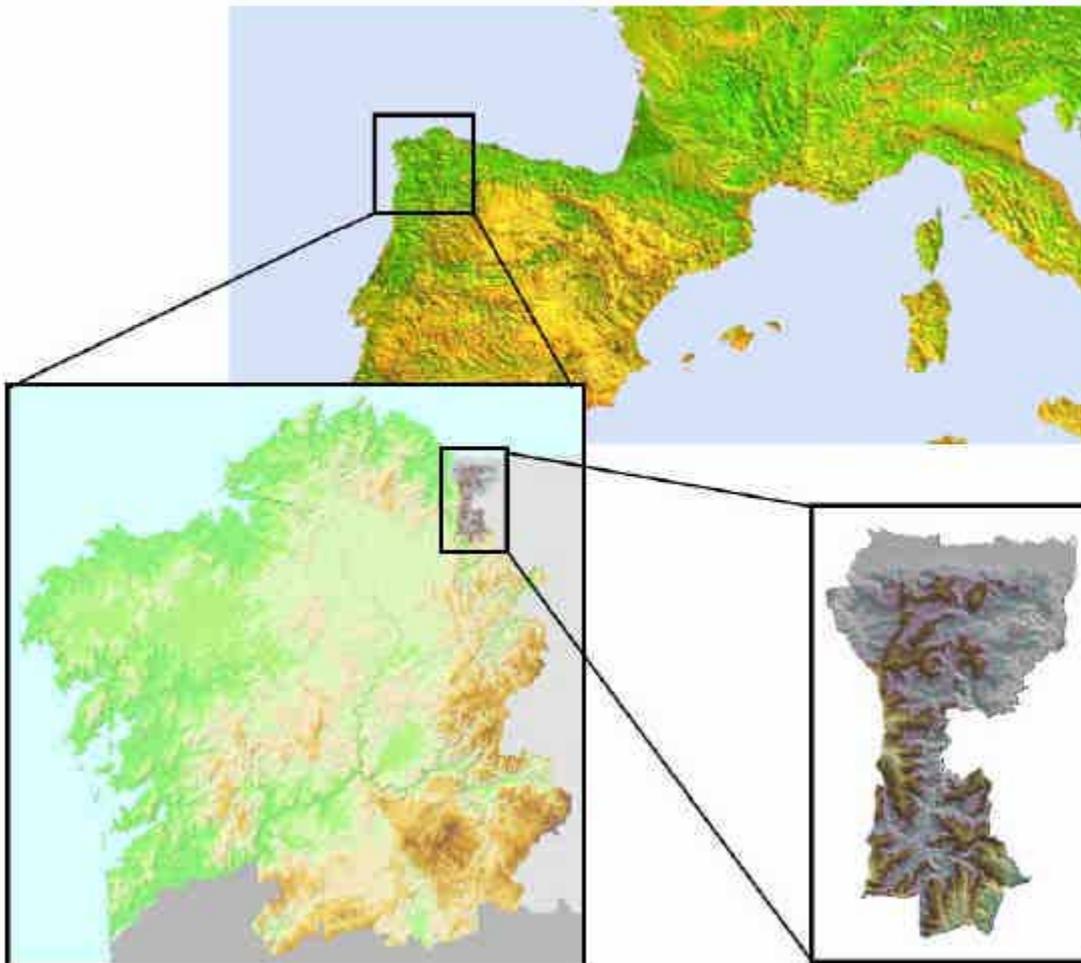
suelo. Se espera la identificación de diferentes tipos de variación en clases categóricas, y consiguientemente en encontrar una relación entre estas y la distribución espacial, tal como se muestra en los índices de paisaje.

3. Metodología y/o Caso de estudio

3.1. Zona de estudio

La zona de estudio (Fig.1) es la comarca de A Mariña Oriental, en la parte nororiental de la Comunidad Autónoma de Galicia (España, UE). Esta comarca presenta una gran diversidad en sus características geográficas debido a un marcado gradiente interior-costa, así como desequilibrios entre zonas agrícolas y forestales con diferentes intensidades de producción.

Figura 1: Zona de estudio

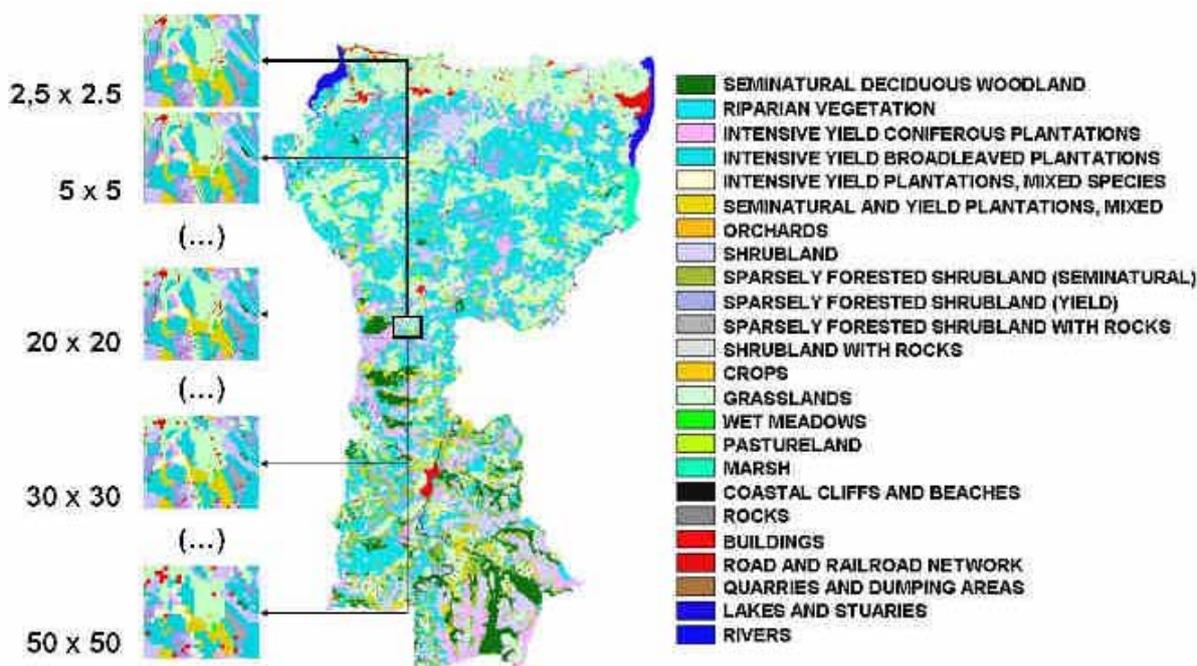


Nota: Localización del área de estudio (Comarca de A Mariña Oriental –Galicia).

3.2. Cartografía

La cartografía digital empleada ha sido obtenida de un proyecto previo, en el cual fue desarrollada a partir de interpretación de fotografía aérea de escala aproximada 1:18.000 plasmada sobre mapas digitales empleando el software ArcGIS 9.2 (Marey, 2002). La leyenda de clasificación, originalmente basada en el Corine Land Cover (EEA, 2009) fue reelaborada con el fin de establecer un criterio dinámico (Küchler, 1988), asumiendo la ausencia de vegetación climática estable y con la intención de representar estados intermedios de transición asociados a los tipos actuales de uso del suelo. Como resultado se ha obtenido un mapa categórico de usos-coberturas del suelo de 24 clases (Fig. 2).

Figura 2: Mapa de usos-coberturas del suelo



Nota: Se muestra el mapa de usos-coberturas del suelo empleado para el estudio, junto con una muestra de las resoluciones obtenidas tras el proceso de rasterización a diferentes resoluciones. Ver texto para más detalles.

3.3. Procedimiento de asignación de celda

El mapa vectorial ha sido rasterizado a 20 resoluciones diferentes, desde 2,5x2,5 metros a 50x50 metros, incrementando las dimensiones de la celda en 2,5 metros cada vez. Se han empleado los dos métodos de asignación mencionados en la introducción. Se ha empleado la utilidad "polygon to raster" del software ArcGIS 9.2, empleando para la regla de punto central la opción CELL_CENTER, y para la regla de mayoría la opción MAXIMUM_AREA.

3.4. Cuantificación de la pérdida de información espacial

Con el fin de caracterizar la pérdida de información espacial que se produce en los mapas rasterizados a distintas resoluciones, se han procedido a cuantificar los cambios en la información en cada mapa con respecto al original, y para cada clase. Para ello, se ha realizado un análisis estadístico de los resultados diferenciados por clases de cobertura del suelo. Se ha diseñado un muestreo aleatorio estratificado para cada clase de cobertura, generando puntos con disposición espacial aleatoria en un número proporcional a la superficie de cada clase. El tamaño total de la muestra se ha calculado considerando una

distribución binomial de los datos (coincidencia (p) o no (q) con el mapa de resolución máxima) obteniendo para una muestra inicial de 10000 puntos valores p y q de referencia, que se emplean para el cálculo del tamaño de muestra según la expresión (Krebs, 1999):

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{d^2}$$

En donde n es el tamaño total de muestra; t_{α}^2 es la t de Student para n-1 grados de libertad; p es la proporción observada; q es 1-p; y d es el margen de error deseado para la proporción de la muestra. Calculando para $\alpha=0.05$ y $d=0.005$, se obtiene un tamaño de muestra de 24.586 puntos, que se redondea a 25.000. Este número se subdivide entre las clases de cobertura del suelo, de forma proporcional a la superficie de cada clase, para la extracción de la información de cada una de ellas. A continuación se ha empleado el SIG para generar aleatoriamente la posición de los puntos dentro de la superficie de cada clase tal y como ésta se ve representada en el mapa de mayor resolución (2,5 x 2,5m). En cada uno de los puntos, se ha extraído el tipo de clase coincidente con su posición espacial, en cada uno de los mapas rasterizados a diferentes resoluciones, analizándose a continuación las diferencias entre los puntos coincidentes y no coincidentes con la clase del mapa de resolución mínima, y cuantificándose el porcentaje de puntos coincidentes.

3.5. Índices de paisaje

Se han calculado índices de paisaje sobre los mapas obtenidos, con el objetivo de detectar tendencias en los cambios en la disposición general de la estructura del paisaje, asociados con los cambios en la resolución espacial. Se ha preferido la utilización de índices basados en medidas simples, con el fin de realizar de forma directa inferencias significativas sin complicaciones en la interpretación (Li & Wu, 2004). Con tal fin se han utilizado el número total de manchas (NP), la superficie media de manchas (MPA), la distancia euclidiana media al vecino más cercano (ENN) y la compacidad (COMP).

El número de manchas y su tamaño medio permitirán la cuantificación de la redistribución espacial de los elementos del mosaico, asociada a la rasterización. La compacidad detectará cambios en la complejidad de los elementos del paisaje, asociados a la variación de la configuración espacial de los mismos. Su cálculo se realiza mediante la inversa de la media de los resultados obtenidos al dividir el perímetro de cada mancha por el perímetro mínimo para una superficie equivalente, y sus valores oscilan entre 0 (formas más compactas) y 1 (formas más complejas). Las variaciones en la distancia euclidiana media al vecino más cercano permiten detectar la desaparición de manchas, que provoca una mayor separación entre las manchas remanentes. Los índices se han calculado mediante el software FRAGSTATS (MacGarigal et al., 2002), tanto para cada clase como para el paisaje en su conjunto. Una descripción más detallada del procedimiento y expresiones de cálculo puede encontrarse en Díaz-Varela et al. (2010).

4. Resultados

4.1. Cambios en la distribución de la información espacial

El rango de valores de índices de paisaje en el mapa vectorial original fue: número de manchas: $5 < NP < 5.179$; tamaño medio de mancha: $1286.22 < MPA < 848,117.27$; distancia euclidiana al vecino más cercano: $5.64 < ENN < 1637.97$, y compacidad: $0.15 < COMP < 0.79$.

En cuanto a la variación en la pérdida de información, se ha encontrado una tendencia general, aunque esperada, a que ésta se produzca con el incremento en el tamaño de celda,

con importantes diferencias entre clases de cobertura del suelo. Se ha generado una matriz de confusión, en donde se cuantifica el porcentaje de puntos aleatorios clasificados incorrectamente para cada clase de cobertura en cada uno de los mapas rasterizados.

Tabla 1: Resultados del cálculo de los índices de paisaje para el mapa vectorial

Type	Land use type	NP	MPA	ENN	COMP
A	Riparian vegetation	891	1286.22	28.08	0.21
	Rivers	853	1853.55	10.12	0.23
	Transport networks	326	30704.24	16.47	0.15
B	Coastal cliffs and beaches	20	2987.78	47.56	0.31
	Orchards	105	2345.07	322.29	0.73
	Rocks	28	5451.05	902.42	0.72
	Rocky forested shrubland	5	24062.2	1637.97	0.68
	Rocky shrubland	8	17369.61	1216.15	0.72
C	Crops	956	4733.88	84.48	0.73
	Intensive forested shrubland	1401	18073.92	76.78	0.65
	Intensive mixed forest	382	14740.25	150.70	0.69
	Meadows	499	6771.74	175.20	0.63
	Pasture land	241	14978.52	186.82	0.71
	Quarries	20	15174.02	1182.43	0.79
	Seminatural forested shrubland	1159	12361.75	59.97	0.61
	Seminatural mixed forest	973	14312.06	69.68	0.59
	Urban	5179	1362.1	27.48	0.78
		Grassland	3363	28555.21	8.75
D	Intensive broadleaved forest	3356	36931.56	20.68	0.64
	Intensive conifer forest	748	20058.47	100.93	0.66
	Seminatural deciduous forest	1006	22118.91	70.02	0.49
	Shrubland	2075	21332.77	58.96	0.61
E	Estuaries	5	848117.27	5.64	0.51
	Marshes	15	179251.36	18.41	0.61

Nota: Resultados de los índices de paisaje calculados para el mapa vectorial original a nivel de clase, mostrando los valores para número de manchas (NP), tamaño medio de mancha (MPA), distancia media euclidiana al vecino más cercano (ENN) y compacidad (COMP). Las clases se han reordenado siguiendo un esquema basado en los tipos identificados en la investigación.

Dentro de esta tendencia normal, se han podido identificar una serie de comportamientos diferentes en la variación de la pérdida de información, que se pueden atribuir a diferencias entre las clases. Estos comportamientos diferentes se reflejan en cinco tipos fundamentales:

Tipo A. Decrecimiento súbito inicial en las coincidencias, seguido por una tendencia a la estabilización. Se corresponde con tres clases de cobertura del suelo representadas por elementos lineales (redes viarias, ríos, vegetación de ribera), caracterizados principalmente por valores bajos en la compacidad. Ver tabla 1, y figura 3.

Tipo B. Fuerte decrecimiento con variaciones erráticas en los valores de coincidencia. Se han incluido cinco clases diferentes en esta tipología: frutales, acantilados costeros y playas, roquedos, matorral con roquedo, y matorral arbolado con roquedo. En términos generales, estas clases presentan valores relativamente bajos para el área media de mancha, muy bajos para el número de manchas, y valores entre moderados y altos para la distancia media al vecino más cercano (excepto para el roquedo costero y playas, ver tabla 1). En

consecuencia, se puede considerar que en todos los casos están representados por clases compuestas por un bajo número de teselas dispersas por el área considerada en el mapa.

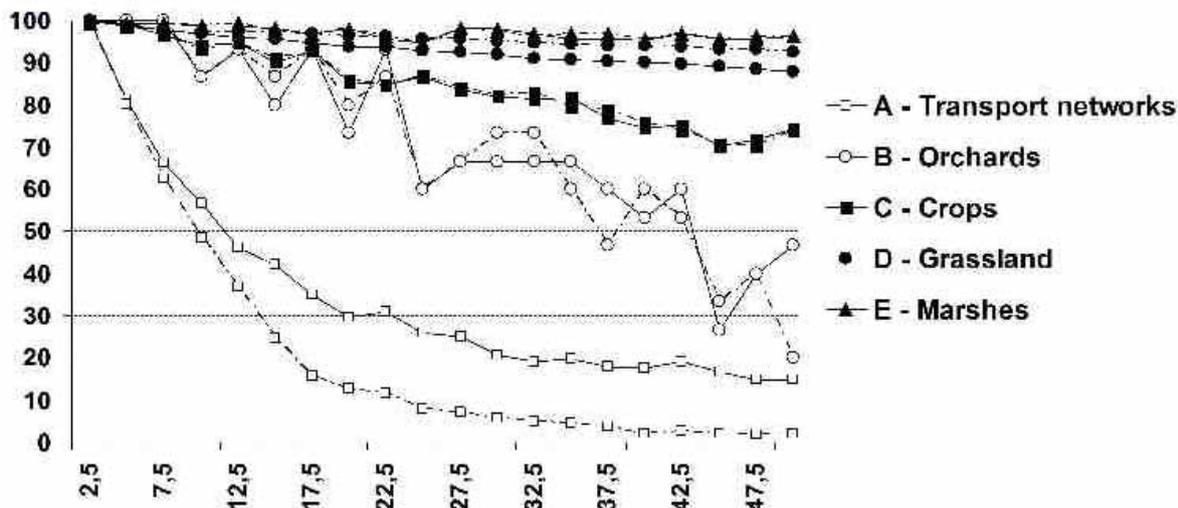
Tipo C. Decrecimiento progresivo en los valores, llegando a entre un 20 y un 35 % de decrecimiento total en función de la cobertura. Han sido clasificadas bajo este tipo nueve clases: cultivos, praderas, pastizales, matorral arbolado intensivo, matorral arbolado seminatural, mezcla de especies forestales intensivas, mezcla de especies forestales seminaturales, canteras y zonas urbanas. Originalmente, estas clases presentaban valores altos de número de manchas (excepto las canteras) y área media de manchas. Los valores de distancia media al vecino más cercano son menores que en el tipo anterior. Los valores de compacidad son también relativamente altos (ver tabla 1). Estructuralmente, este tipo es una transición entre patrones característicos de los tipos B y D.

Tipo D. Descenso progresivo y suave de los valores, hasta aproximadamente un 10-15 % de decrecimiento total. Las clases dentro de este tipo incluyen praderas, coníferas de producción intensiva, frondosas de producción intensiva, matorral, y bosque seminatural de frondosas. Estas clases se distinguen claramente por sus altos valores para número de manchas y área media de mancha, y bajos para distancia al vecino más cercano. Esto revela que dichas clases dominan en el patrón de paisaje de un área determinada, debido a su alto peso relativo, y el alto número de manchas conectadas estructuralmente.

Tipo E. Casi sin variación (menos de un 5% de decrecimiento total). Sólo dos clases cumplen este criterio, marismas y estuarios. Los valores extremadamente bajos para número de manchas, y altos para área media de mancha sitúan a estas dos clases aparte de las demás, localizadas de forma marginal en el área de estudio, pero con una importante presencia en cuanto a superficie total.

La figura 3 muestra ejemplos gráficos de la variación en la pérdida de información para cada uno de los tipos descritos, en ambos métodos de rasterización.

Figura 3: Tipos de preservación de información



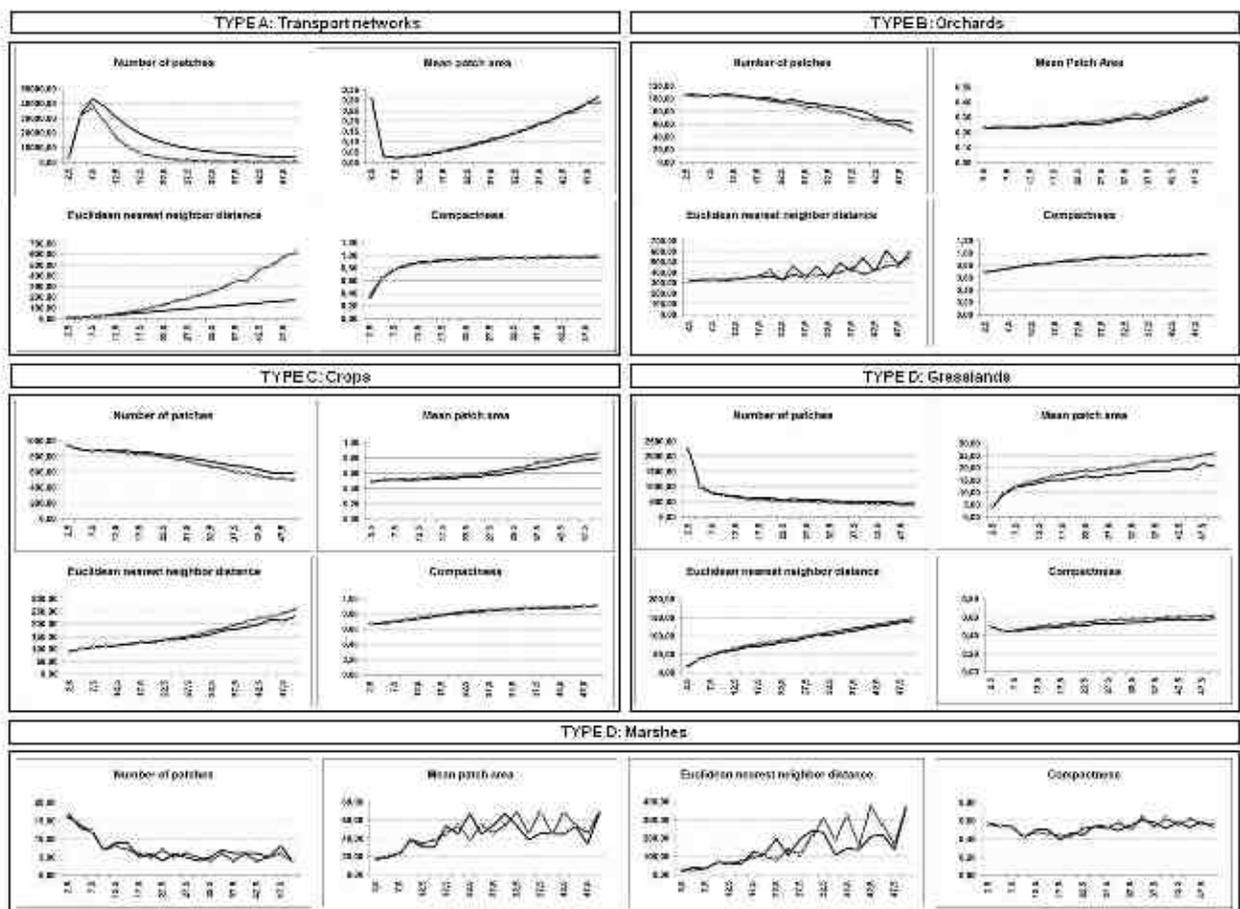
Ejemplos de clases de cobertura del suelo que se corresponden con cada uno de los tipos (A-E) identificados de preservación de información cartográfica. Las líneas continuas se corresponden con la regla de punto central, y la puntuada con la regla de mayoría. Ver texto para más detalles.

4.2. Composición y configuración

El cálculo de medidas de composición y configuración, cuando se compara con los tipos previamente identificados y con aquellos calculados para el mapa vectorial original, han proporcionado resultados que siguen una tendencia general cuando se incrementa el tamaño de celda: un descenso en el número de manchas, un incremento en el tamaño medio de mancha, un incremento en la compacidad asociado al descenso en complejidad, y un incremento en la distancia al vecino más próximo.

No obstante, cada uno de los tipos definidos con anterioridad ha mostrado diferencias con respecto a los índices, debido tanto a sus características propias como a la influencia de otros tipos. Ejemplos de los resultados obtenidos se muestran a través de escalogramas en la figura 4, en la que los valores de los índices se comparan con el tamaño de celda.

Figura 4: Escalogramas



Nota: Se muestran los “escalogramas”, o gráficas en las que se representa la evolución de los valores de índices de paisaje con el descenso en resolución (i.e., el aumento en tamaño de celda). El eje X muestra el tamaño de celda. El eje Y muestra los resultados de los índices. La línea continua representa los valores obtenidos con la regla de punto central, y la punteada los obtenidos con la regla de mayoría. NP (número de manchas): Number of Patches; MPA (tamaño medio de mancha): Mean Patch Area; ENN (distancia euclidiana media al vecino más cercano): Euclidean Nearest Neighbor Distance; COMP (compacidad): Compactness..

Tipo A: con ambos métodos de rasterización, la composición se caracteriza por un aumento considerable en el número de manchas a las resoluciones más altas, junto con un descenso

abrupto en el tamaño medio de mancha. A partir de la resolución de 10 metros, el número de manchas descende, y el tamaño medio de mancha asciende gradualmente. La distancia media al vecino más cercano se incrementa progresivamente con el aumento en el tamaño de celda. La compacidad se incrementa rápidamente para las mayores resoluciones, seguida de una tendencia a la estabilización que presenta menores valores para el método de rasterización por mayoría. Estos efectos se deben claramente a la fragmentación de los elementos lineales, al ser imposible mantener la continuidad de los mismos a resoluciones mayores que la anchura de dichos elementos.

Tipo B: Valores bajos en el número y tamaño medio de manchas. En las menores resoluciones, la distancia al vecino más cercano comienza a mostrar respuestas erráticas. Los valores de compacidad son relativamente altos, y tienden a incrementar.

Tipo C: Las clases incluidas en este tipo muestran diferentes tendencias: en general los valores son intermedios para el número de manchas, y bajos para su tamaño medio. Sin embargo, algunas de las clases en las que las formas de las teselas o manchas son regulares y pequeñas muestran un descenso más agudo en el número de manchas, correspondiéndose con un incremento en el tamaño medio de mancha, mientras que en otros casos dichas tendencias son más suaves. Los valores de compacidad son altos, con tendencia a aumentar, y en general menores para la regla por mayoría.

Tipo D: Los valores son generalmente altos para el número de manchas, con una tendencia caracterizada por un descenso en dichos valores para las resoluciones más altas (2,5 o 5 metros). El descenso es más pronunciado en algunos casos que en otros. El tamaño medio de mancha se incrementa proporcionalmente en dichas resoluciones, y después se estabiliza. Valores de la distancia al vecino más cercano son generalmente bajos, y la compacidad baja para los mapas generados por regla de mayoría y relativamente altos para los que emplean regla de punto central.

Tipo E: Estas clases están compuestas por un número muy bajo de manchas, con área relativamente alta. Las distancias son muy altas en estuarios, pero relativamente bajas en marismas, con una compacidad moderada en ambos casos.

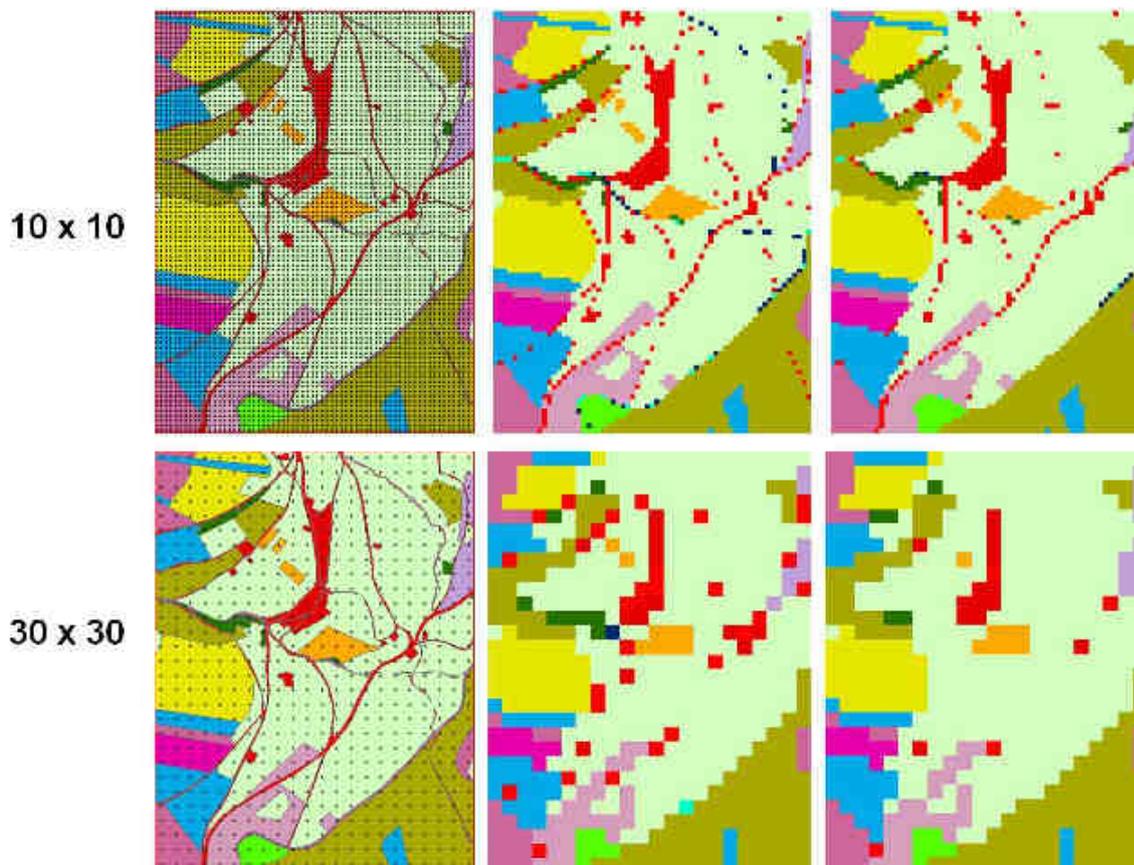
5. Discusión y conclusiones

Asumiendo que el mapa vectorial original puede ser considerado como un mapa-verdad de referencia, las variaciones en los datos originales causados por el proceso de rasterización a resoluciones cada vez menores puede ser interpretado como un incremento en la incertidumbre en los datos cartográficos (Dendoncker et al., 2008), la cual se localizará en áreas del mapa específicas, que dependen de la disposición espacial de los elementos representados. El incremento y redistribución de la incertidumbre se considera una pérdida en el contenido de información del mapa. El descenso en el número de coincidencias para cada clase de cobertura del suelo se puede considerar así como una medida cuantitativa de la pérdida de información en el mapa con el descenso en la resolución, y como resultado de la dependencia de la distribución espacial de los elementos del mapa, los cinco tipos en los que las clases de cobertura fueron clasificados pueden así considerarse como tipos de "preservación de información". Los resultados para los índices de paisaje fueron diferentes para cada uno de estos tipos, pero semejantes dentro de los mismos.

El efecto del método de asignación de celdas sobre la rasterización es particularmente marcado en aquellos tipos relacionados con clases de alta complejidad. Por ejemplo, las clases de Tipo A muestran grandes diferencias entre los dos métodos, lo cual se puede atribuir a que la regla de mayoría depende en qué clase es más frecuente en el área total de la celda, mientras que la del punto central depende más en la probabilidad de coincidencia del elemento con los centroides de las futuras celdas, mostrando en consecuencia una

influencia mayor de la configuración y la geometría (Congalton, 1997; Shortridge and Goodchild, 2002; ver figura 5).

Figura 5: Resoluciones y reglas de asignación



Nota: Comparación de los resultados entre los mapas obtenidos con dos reglas de asignación diferentes, para tamaños de celda de 10 (arriba) y 30 (abajo) metros. A la derecha se muestra el mapa vectorial original, sobre el que se ha superpuesto la malla de centroides que originan las celdas del mapa raster resultante. En el centro se muestran los resultados para la regla de punto central. A la derecha, para la regla de mayoría. La influencia sobre la disposición especial de los elementos y su orientación se observa en la continuidad de los elementos lineales.

Teniendo en cuenta los resultados, se puede deducir que el empleo de índices de paisaje a varias resoluciones presenta un elevado interés como forma preliminar de análisis para predecir el impacto potencial de los procesos de rasterización sobre datos vectoriales. En relación a este potencial, se pueden realizar una serie de observaciones:

- Las variaciones súbitas en el número de manchas, tamaño medio de mancha o compacidad a las resoluciones más bajas pueden indicar tipos A o D de cobertura del suelo, normalmente asociados a la desintegración de elementos lineales.
- Los efectos erráticos en valores de índices de paisaje pueden estar causados por diferentes procesos: Si se obtienen valores bajos de tamaño medio de manchas y de número de manchas, puede ser indicativo de un tipo B de cobertura del suelo. Si el número de manchas es bajo, pero su tamaño medio elevado, puede tratarse de un tipo E de cobertura, y las respuestas erráticas serán debidas a los elementos lineales.

- Los descensos progresivos en número de manchas, junto con incrementos en tamaño medio de mancha, compacidad, y distancia media al vecino más cercano pueden indicar tipos C, D o E de cobertura del suelo, dependiendo de su magnitud.

Teniendo esto en cuenta, se pueden tomar dos tipos de decisiones fundamentales: la elección de un tamaño adecuado de celda (resolución espacial) (ver también Hengl, 2006), y el diseño de una leyenda de usos o coberturas del suelo adaptada a los requerimientos específicos de cada mapa (resolución tipológica). Finalmente, y en relación a estas últimas observaciones, podemos derivar tres conclusiones fundamentales:

- Debe tenerse un cuidado especial en la representación de elementos lineales, tales como carreteras o ríos, debido a que cuando se realizan procesos de rasterización, el elemento se verá fragmentado siempre que la resolución supere su anchura mínima, dando lugar a alteraciones (ruido) en la representación espacial del elemento.
- Cuando los elementos cartográficos que representan una determinada clase de cobertura son pequeños en relación a la extensión total de los datos, pueden verse representados de forma deficiente en los mapas de menor resolución (aquellos con una relación tesela/celda menor). Las posibles soluciones incluyen la integración de tales clases en otras con mayor representación temática en el mapa, la elección de resoluciones más detalladas, o el empleo de representaciones cartográficas multiescalares.
- Aquellas clases en las que el número de manchas es de moderado a alto, con grandes valores de área, son las más consistentes en cuanto a la permanencia de la información aportada. No obstante, dicha información puede verse alterada si la forma que presentan los límites de cada tesela son muy complejos, ante la incapacidad de las resoluciones más bajas (i.e., celdas más grandes) para expresar los bordes con la suficiente complejidad.

6. Referencias

- Bishop, T. F. A., McBratney, A. B., & Whelan B. M., (2001). Measuring the Quality of Digital Soil Maps Using Information Criteria. *Geoderma*, 103, 95–111.
- Bosque Sendra, J. (1997). *Sistemas de información geográfica*. Madrid: Rialp.
- Botequilha Leitao, A. & J. Ahern, J. (2002). Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Landscape Planning. *Landscape and Urban Planning*, 59, 65–93.
- Botequilha Leitao, A., Miller, J., Ahern, J., & McGarigal, K. (2006). *Measuring Landscapes: A Planner's Handbook*, Washington, DC: Island Press.
- Congalton, R.G. (1997). Exploring and Evaluating the Consequences of Vector-to-Raster and Raster-to-Vector Conversion. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 63, 425–434.
- Constanza, R. & Maxwell, T. (1994). Resolution and Predictability: An Approach to the Scaling Problem. *Landscape Ecology*, 9, 47–57.
- Dendoncker, N., Schmit, C., & Rounsevell, M. (2008). Exploring Spatial Data Uncertainties in Land-Use Change Scenarios. *International Journal of Geographical Information Science*, 22, 1013-1030.
- Diaz-Varela, E.R., Marey-Perez, M.F., Riveiro-Valiño, J.A., & Alvarez-Lopez, C.J. (2009). Preservation of Spatial Information in Rasterization Processes: A Practical Approach Using Real Categorical Data and Landscape Metrics. *GIScience & Remote Sensing*, 47, 425–442.

- Fassnacht, K. S., Cohen, W. B., & Spies, T. A. (2006). Key Issues in Making and Using Satellite-Based Maps in Ecology: A Primer. *Forest Ecology and Management*, 222:167–181.
- Goodchild, M. F. (2008). Statistical Perspectives on Geographic Information Science. *Geographical Analysis*, 40, 310–325.
- Hengl, T. (2006). Finding the Right Pixel Size. *Computers & Geosciences*, 32:1283–1298.
- Hlavka, C. A. & Dungan, J. L. (2002). Areal Estimates of Fragmented Land Cover: Effects of Pixel Size and Model-based Corrections,” *International Journal of Remote Sensing*, 23:711–724.
- Jelinski, D. E. & Wu, J. (1996). The Modifiable Areal Unit Problem and Implications for Landscape Ecology. *Landscape Ecology*, 11, 129–140.
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology*. Reading, MA: Addison Wesley Longman, 620 pp.
- Küchler, A. W. (1988). The Classification of Vegetation. En, A. W. Küchler, & I. S. Zonneveld (Eds.), *Vegetation Mapping* (Pags. 67–80). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Li, H. & Wu, J. (2004). Use and Misuse of Landscape Indices. *Landscape Ecology*, 19, 389–399.
- Li, W. & Zhang, C. (2005). Application of Transiograms to Markov Chain Simulation and Spatial Uncertainty Assessment of Land-Cover Classes. *GIScience & Remote Sensing*, 42, 1548–1603.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). *Geographic Information Systems and Science*, Chichester, UK: John Wiley and Sons Ltd., 517 pp.
- Marceau, D.J., & G. Hay, J. (1999). Remote Sensing Contributions to the Scale Issue. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 25, 357–366
- Marceau, D.J. (1999). The Scale Issue in Social and Natural Sciences. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 25, 347–356.
- Marey-Pérez, M. F. (2002). *Tenencia de la Tierra en Galicia. Modelo para la caracterización de Propietarios Forestales*. Tesis doctoral, edición digital (CD). Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela.
- McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C., & Ene, E. (2002). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis*. Obtenido el 29 de marzo de 2010, de University of Massachusetts: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html.
- O'Neill, R. V., Krummel, J. R., Gardner, R. H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D. L., Milne, B. T., Turner, M. G., Zygmunt, B., Christensen, S. W., Dale, V. H., & Graham, R. L. (1988). Indices of Landscape Pattern. *Landscape Ecology*, 1, 153–162.
- Shortridge, A. M. (2004). Geometric Variability of Raster Cell Class Assignment. *International Journal of Geographical Information Science*, 18, 539–558.
- Shortridge, A.M. & Goodchild M.F. (2002). Geometric Probability and GIS: Some Applications for the Statistics of the Intersections. *International Journal of Geographical Information Science*, 16, 227–243.
- Tobler, W. R. (1997). Introductory Comments on Information Theory and Cartography. *Cartographic Perspectives*, 27, 4–7.
- Visser, H. & De Nijs, T. (2006). The Map Comparison Kit. *Environmental Modelling and Software*, 21, 346–358.

Wehde, M. (1987). Grid Cell Size in Relation to Errors in Maps and Inventories Produced by Computerized Map Processing. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48, 1289–1298.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Emilio R. Díaz Varela
Grupo de Investigación 1716-Proyectos y Planificación Rural
Departamento de Ingeniería Agroforestal – Universidade de Santiago de Compostela
Phone: +34 982 823 629
Fax: +34 982 285 926
E-mail : emilio.diaz@usc.es
URL : <http://webspersoais.usc.es/persoais/emilio.diaz/>