
**XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica
25, 26 y 27 de Junio de 2014. Alicante.**

**Obtención de horizontes visuales a partir del Sistema de
Visibilidad de Andalucía (REDIAM) y su aplicación en la
identificación de unidades de paisaje**

Jorge Alcántara^a, Daniel Romero^{b*}, Andrés Romero^b, Michela Ghislanzoni^c, Juan José Guerrero^d, Fernando Giménez de Azcárate^d, Francisco Cáceres^e, José Manuel Moreira^e

^aDepartamento de Didáctica de las Ciencias Sociales y Experimentales. Universidad de Córdoba

^bRqueR, Tecnologías y Sistemas

^cTerritoria análisis y gestión del medio SL

^dAgencia de Medio Ambiente y Agua de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía

^eSecretaría General de Gestión Integral del Medio Ambiente y Agua de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía

Resumen

En la observación del territorio, un punto de horizonte es aquel que define la frontera entre lo que es visible y lo que no. El Sistema de Visibilidad de Andalucía (SVA), que contiene datos que determinan cuantitativamente las relaciones visuales existentes o potenciales entre los distintos puntos del territorio andaluz, determina los puntos de horizonte para cada situación de observación.

Estos puntos, vistos en plano, se disponen en hileras que definen límites visuales. Iterando a través de las posiciones posibles de observación y sumando geográficamente sus horizontes, podemos obtener para cuántas de dichas posiciones cada punto del territorio sirve de límite visual, es decir, podemos obtener la frecuencia de horizonte.

* E-mail: dromero@rquertys.es.

La información geográfica sobre la frecuencia de horizonte se obtiene en formato ráster, y su representación gráfica suele ser un enjambre de líneas, de distintos tamaños y frecuencias, que no suelen delimitar polígonos cerrados y reconocibles. Partiendo de una unidad territorial mínima relativa al relieve, las microcuencas, y haciendo coincidir sus límites con las hileras de puntos de horizonte de mayor frecuencia, se obtienen **áreas visualmente coherentes**: aquellas para las que un observador tiene a la vista aproximadamente las mismas porciones de territorio sea cual sea su situación dentro del área. Por agregación, se pueden identificar áreas visualmente coherentes adecuadas a la escala de aproximación.

Si el paisaje es territorio percibido, las áreas visualmente coherentes son el elemento clave para la determinación de **unidades de paisaje**. Estas son el continente de aquellos factores cuya conjunción única y particular hace un paisaje diferente de otro: usos y coberturas del suelo, litología, geología, clima, procesos históricos, etc. Por tanto, las unidades de paisaje se obtienen dotando a dichas áreas visualmente coherentes de la información relativa a su carácter paisajístico.

Palabras clave: REDIAM; SVA; frecuencia de horizontes; áreas visualmente coherentes; unidades de paisaje; SIOSE

1. Introducción

Dentro de la disciplina de la ciencia del paisaje, la identificación y delimitación del mismo se ha abordado desde diferentes métodos, no siempre coincidentes en sus resultados. Este hecho ha sido objeto de controversia, de manera más acusada conforme la escala es de mayor detalle, resultando finalmente muy difícil de aplicar en la gestión cotidiana del territorio, en la que se hacen necesarios unos límites más o menos nítidos y perdurables, y una clasificación del paisaje (Brabyn & Mark, 2011). En la actualidad, los modelos más aceptados y utilizados para la determinación de límites y clasificación de los paisajes españoles son aquellos basados en la metodología LCA (Landscape Character Assessment) (Gómez y Riesco, 2010). El estudio sobre la visibilidad puede apoyar la metodología LCA (Countryside Agency and Scottish Natural Heritage, 2002), aportando un extra de coherencia territorial y trazando una relación más estrecha entre los resultados obtenidos y la modelización de la percepción -o visualización, teniendo en cuenta que el 90 % de nuestra percepción es visual (Felleman, 1979)- que la población tiene sobre un territorio particular, sin perjuicio de que el resto de componentes, que se entienden fundamentales, deban participar.

El Sistema de Visibilidad de Andalucía (SVA), que contiene datos que determinan cuantitativamente las relaciones visuales existentes o potenciales entre los distintos puntos del territorio andaluz, permite la obtención de los parámetros visuales pertinentes en la identificación y caracterización del paisaje (Guerrero et al., 2010). En particular, se considera que el análisis de la frecuencia de horizonte, puede apoyar el trazado de límites para la obtención de las delimitaciones de paisaje, que deberán ser valoradas y gestionadas de manera holística (Krause, 2001) en base a sus características, evolución, amenazas, presiones y finalmente según los objetivos de calidad paisajística que se determinen para ellas.

El objeto final de este proyecto piloto es la obtención de una metodología que identifique unidades de paisaje para lo que se requiere la consecución de dos objetivos secundarios previos: (1) La obtención de un ráster de frecuencia de horizontes y (2) la obtención de áreas visualmente coherentes. El concepto de áreas visualmente coherentes puede aproximarse al concepto de cuenca visual. Se han descrito muchos métodos para la obtención de las cuencas visuales, pero la mayoría versan sobre métodos imprecisos (Domingo-Santos et al., 2011).

2. Metodología, materiales, datos y herramientas

Todos los materiales y datos necesarios para la realización de este estudio: el SVA, el modelo digital de elevaciones, el modelo de cuencas hidrográficas y el Sistema de Información y Ocupación del Suelo en España para Andalucía (SIOSE Andalucía), provienen del repositorio de información ambiental de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM).

Todas las herramientas de cálculo utilizadas han sido diseñadas ex profeso para este trabajo y programadas en código abierto.

El proceso metodológico se desarrolla en las siguientes fases: (1) Obtención del ráster de frecuencia de horizontes, (2) Obtención de las áreas visualmente coherentes y (3) Aproximación a las unidades de paisaje.

Fase 1. Obtención del ráster de frecuencia de horizontes

Para un observador del territorio, un punto de horizonte (Fig. 1) es aquel que define la frontera entre lo que es visible para él y lo que no.

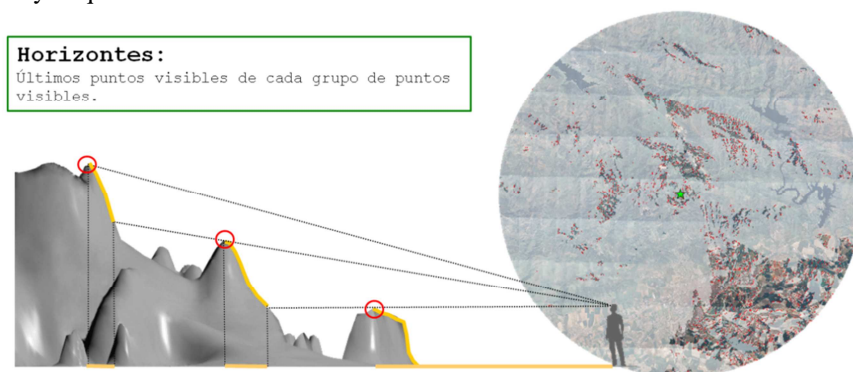


Fig. 1. Imagen ilustrativa de los puntos de horizonte y su representación en el plano a partir de un observador en un punto del territorio determinado.

Estos puntos, representados en el plano, se disponen en hileras, que definen límites visuales para el observador. La Fig. 2 muestra cómo situando estas hileras en perspectiva, se comprueba su coincidencia con la imagen percibida, revelándose el concepto que subyace de manera muy visual.

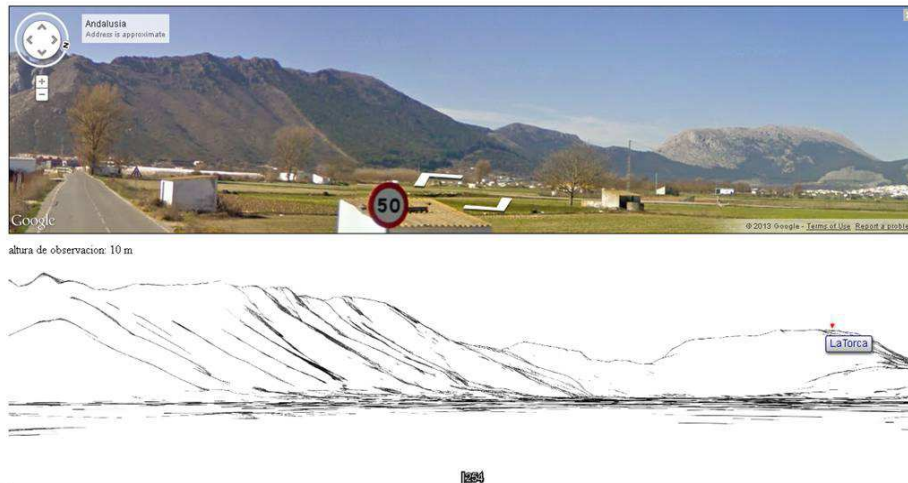


Fig. 2. Representación en perspectiva de hileras de puntos de horizonte.

A partir del SVA, iterando a través de las posiciones posibles del observador y sumando geográficamente sus horizontes, se puede obtener, para cada tesela del territorio, para cuántos observadores es de horizonte, o sirve de límite visual; esta es la frecuencia de horizonte, una magnitud inversa a la cohesión visual entre las distintas situaciones que no depende de una posición de observación concreta sino del conjunto de todas las posibles y, por tanto, puede ser utilizada para la segmentación del territorio con criterio de máxima continuidad visual. Se obtienen formaciones ramificadas de alta frecuencia de horizonte, que coinciden con las crestas y cordales del relieve, elementos que suponen una ruptura visual en la percepción del territorio por un observador, y en su conjunto forman el ráster de frecuencia de horizontes.

Fase 2. Obtención de las áreas visualmente coherentes

Para la obtención de las áreas visualmente coherentes se parte del ráster de frecuencia de horizontes y en este caso se han utilizado como apoyatura los límites de las cuencas hidrológicas de pequeña magnitud. A través de un procedimiento de agregación se van obteniendo los límites visuales más relevantes territorialmente. Estas microcuencas hidrológicas son calculadas de forma sintética desde el mismo modelo digital del terreno (MDT) que se ha usado en el cálculo de parámetros de visibilidad, siguiendo la metodología habitual (basin), pero sin realizar ninguna operación de 'relleno' (fill) del MDT. Esto es debido a que el objetivo no es una modelización hidrológicamente correcta del territorio, sino partir de una situación de elevada segmentación, que permita ir agregando y obteniendo resultados.

Las micro cuencas se numeran y se obtienen las líneas de frontera entre cuencas, dándole como atributo a estas líneas los valores de las cuencas que separan (Fig. 3). Seguidamente, para cada una de estas fronteras se ha obtenido el valor de suma de los valores de frecuencia de horizonte que quedan dentro de un buffer de 1 píxel, tomado desde las propias líneas de frontera. Se ejecuta el buffer para permitir cierta imprecisión en el dibujo de cuencas.

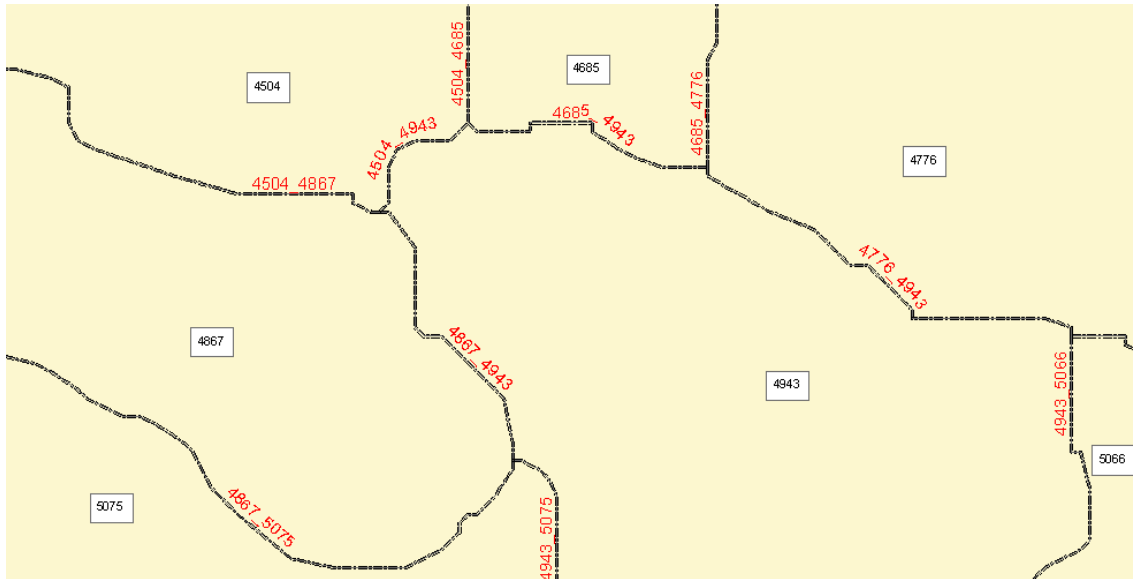


Fig. 3. Ejemplo de líneas de frontera entre cuencas.

Se puede calcular ahora, para cada tramo, la densidad lineal de frecuencia de horizonte, dividiendo el valor de suma de puntuación antes obtenido por la longitud del tramo. En la siguiente imagen (Fig. 4), se muestran las fronteras, coloreadas según su densidad lineal de coincidencia con el ráster de frecuencia de horizonte.

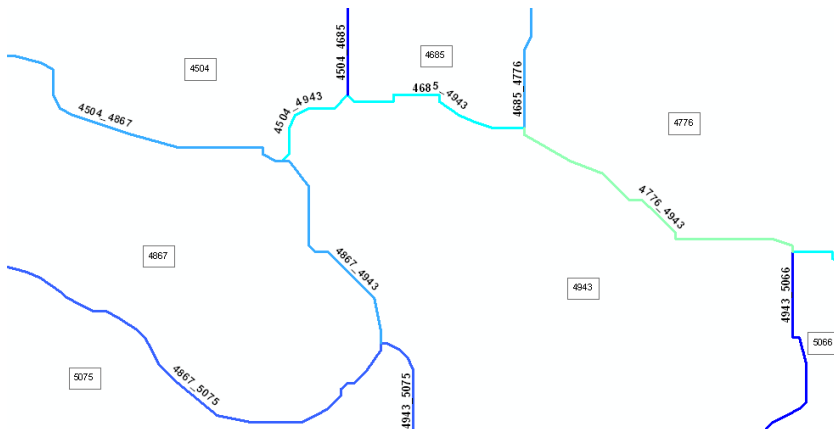


Fig. 4. Densidad lineal de frontera. Colores más oscuros para valores más bajos.

A partir de este momento, las capas quedan preparadas para el proceso de agregación de cuencas; el procedimiento general es, en esencia, muy sencillo: se basa en eliminar el tramo de frontera con menor coincidencia con el ráster de frecuencia de horizonte (el que menor densidad lineal tiene), de entre todos los tramos de frontera, manteniendo la estructura de polígonos, y repetir esta operación hasta que tan sólo quedan dos polígonos, que segmentan el territorio en dos espacios, separados por la línea continua de máxima densidad de entre las posibles. Para ello, es muy importante reconstruir, tras cada agregación, los límites de polígonos, reasignar nombres y recalcular densidades. Esta operación se repite hasta que sólo quedan dos cuencas, separadas por el conjunto de tramos conexos con mayor coincidencia con el ráster de frecuencia de horizonte. Una vez obtenidos los dos polígonos que suponen la agregación óptima desde el punto de vista de la coincidencia con el ráster de frecuencia de horizonte, se separan ambos conjuntos de micro cuencas y se procesan por separado, dando lugar cada uno de ellos a una nueva solución (dentro de cada ámbito). El proceso puede iterarse hasta que cada micro cuenca quede separada del resto.

A término, para cada escala de aproximación, gracias a la agregación de micro cuencas e individualización de conjuntos a partir del ráster de frecuencia de horizontes, se obtienen las áreas visualmente coherentes o unidades visuales (Fig. 5).

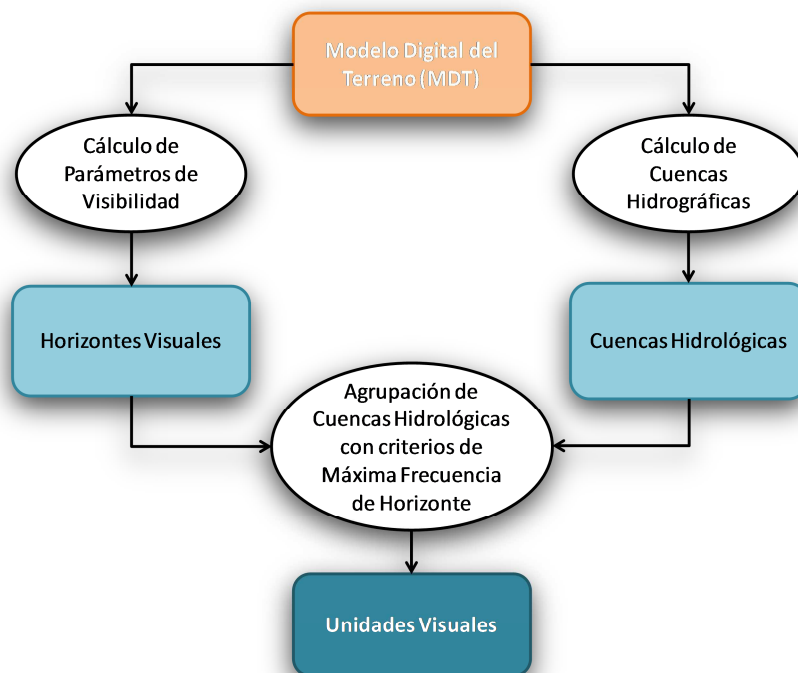


Fig. 5. Flujograma del proceso de obtención de las unidades visuales o áreas visualmente coherentes.

Fase 3. Aproximación a las unidades de paisaje.

Para la aproximación a las unidades de paisaje, se tomará como base a las áreas visualmente coherentes a una escala determinada y se tendrá en cuenta el otro factor fenosistémico de mayor relevancia en el paisaje: los usos y coberturas del suelo. En este sentido, se utilizará el Sistema de Información del Suelo en España

(SIOSE), en concreto el realizado para Andalucía. Este ha sido generado a escala de detalle (1:10000). Se utilizará el SIOSE para la obtención de unidades de paisaje (Fig. 6) con una doble función:

- a) Enriquecer la consistencia de las unidades visuales con un segundo criterio aglutinador que no sea visual, aunque convenientemente ponderado con éste, y que recoja las principales características locales de los paisajes identificados. De esta manera, se unen aquellas unidades visuales que, aún separadas para un horizonte visual poco frecuente, comparten el mismo uso del suelo. Es decir también se tiene en cuenta la cuestión relativa a una similitud temática intrínseca, local, aunque convenientemente ponderada con los criterios visuales, especialmente la distancia y la frecuencia de horizontes.
- b) Aportar contenidos dentro del recinto de la unidad, posibilitando así su caracterización mínima y, en fase de revisión y control del trabajo, un análisis de consistencia estadística. Por otra parte, es esperable que aparezcan ámbitos en los que SIOSE no defina suficientemente el carácter del territorio. Por ejemplo, en relación con el suelo desnudo será necesario enriquecer los datos aportados por SIOSE con información sobre la litología, al fin de proporcionar un mayor acercamiento a la realidad física del paisaje en cuestión.

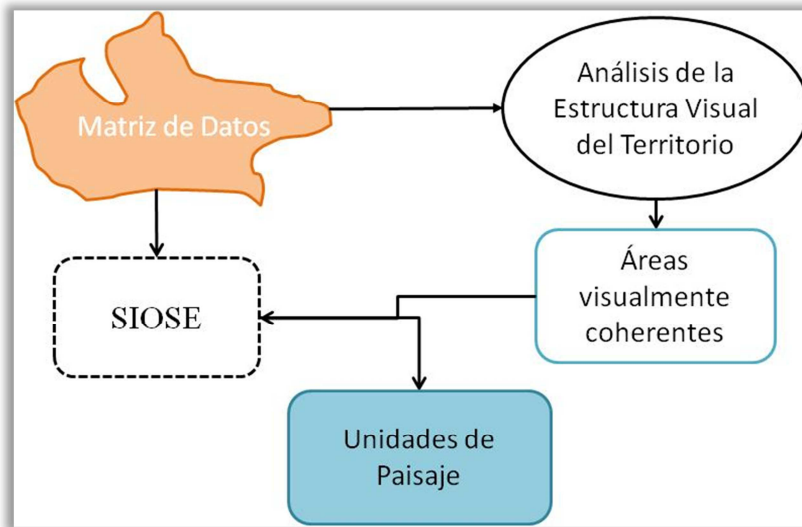


Fig. 6. Flujograma del proceso de obtención de unidades de paisaje

3. Resultados

Fase 1. Obtención del ráster de frecuencia de horizontes

La Fig. 7 muestra un ejemplo del ráster de frecuencia de horizontes resultado de esta fase. Como puede comprobarse, los horizontes visuales de máxima frecuencia aparecen como hileras, que en raras ocasiones aparecen como formaciones cerradas.

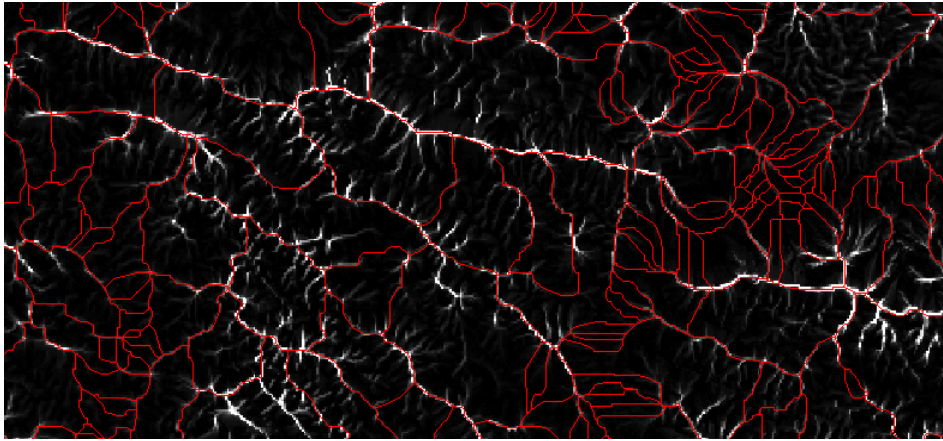


Fig. 7. Imagen del ráster de frecuencias resultante.

En la visualización del ráster de frecuencia de horizontes resultante en perspectiva (Fig. 8), se perciben formaciones ramificadas de alta frecuencia de horizonte, que coinciden con las crestas y cordales del relieve, elementos que suponen una ruptura visual en la percepción del territorio por un observador.

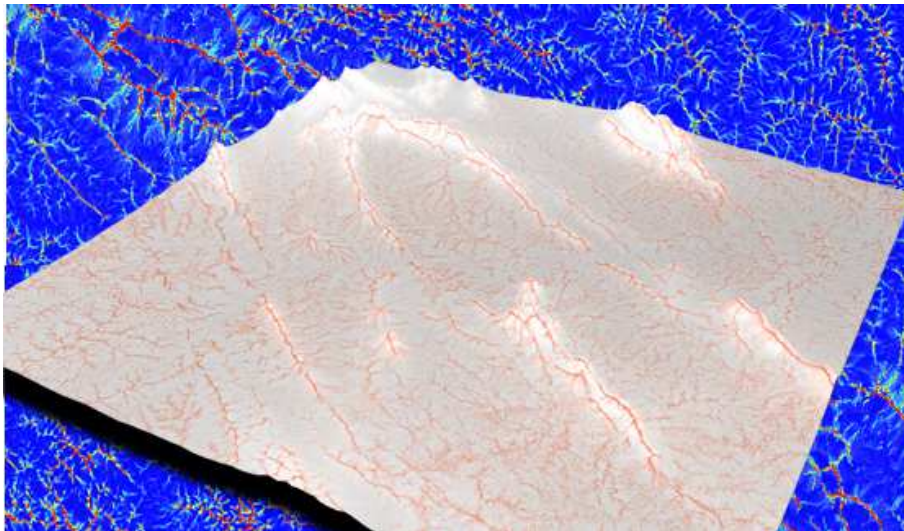


Fig. 8. Ejemplo de visualización en perspectiva del ráster de frecuencia de horizontes resultante.

Fase 2. Obtención de las áreas visualmente coherentes

En la Fig. 9, se muestra un ejemplo de áreas visualmente coherentes obtenidas para el Parque Natural Sierra Norte de Sevilla. Estas unidades visuales a escala comarcal se obtuvieron a modo de prueba dentro del proyecto “Inventario de Paisajes de Andalucía: Sierra Morena Andaluza” (financiado por la Consejería de

Medio Ambiente y Ordenación del Territorio), como paso previo para la identificación final de Áreas de Carácter Paisajístico a escala comarcal.

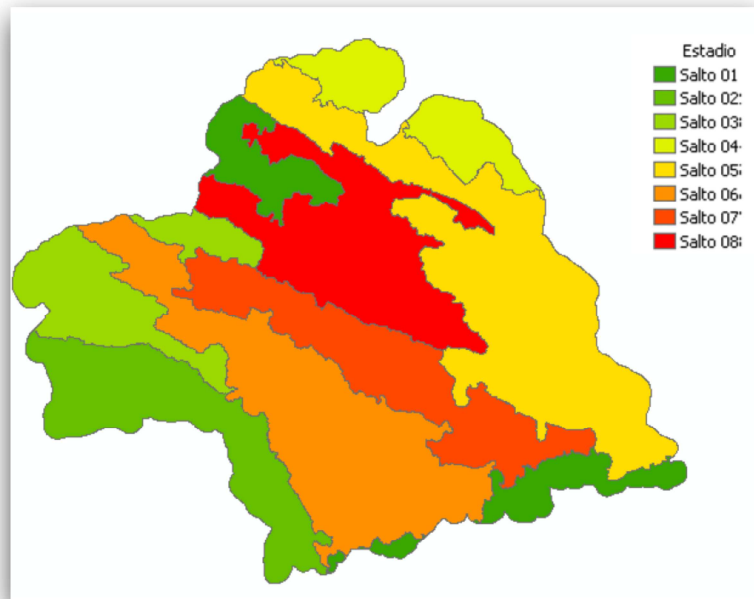


Fig. 9. Ejemplo de áreas visualmente coherentes del Parque Natural Sierra Norte de Sevilla.

Fase 3. Aproximación a las unidades de paisaje.

La base sobre la que se sustenta la identificación de unidades de paisaje son las áreas visualmente coherentes o unidades visuales. El contenido de dichas unidades visuales se fundamenta en el SIOSE. En función de la escala de aproximación, se utilizará la identificación de mayor detalle (SIOSE Andalucía), a escala 1:10000, la versión general, a escala 1:25000, o una interpretación y agregación de las categorías del SIOSE en clave paisajística: las Unidades Fisionómicas (Tabla 1).

Tabla 1. Unidades fisionómicas.

Código	Denominación
1	Alcornocal
2	Bosques galería
3	Breñal arbolado
4	Dehesas en procesos de renaturalización
5	Encinar
6	Erial a pastizal
7	Eucaliptal
8	Marismas naturales y otros humedales
9	Matorral noble
10	Matorral serial
11	Pastizal arbolado
12	Pinar con predominio de pino carrasco
13	Pinar con predominio de pino piñonero
14	Pinar con predominio de pino resinero
15	Otros bosques de coníferas
16	Otros bosques de frondosas
17	Otras formaciones de ribera
18	Castañar
19	Cultivos arbóreos de secano
20	Cultivos herbáceos en regadío
21	Cítricos
22	Dehesas con actividad agraria
23	Dehesas de alcornoque con pastos
24	Dehesas de encinas con pastos
25	Dehesas mezcla de arbolado
26	Olivar
27	Otras arboledas en regadío
28	Tierra calma o de labor
29	Viñedos
30	Asentamientos y construcciones en medio rural
31	Embalses y láminas de agua
32	Infraestructuras
33	Invernaderos
34	Minas y escombreras
35	Periurbano

4. Discusión y conclusiones

La mayor aportación del presente trabajo es la utilización de la visibilidad gracias al SVA, no solo en la cualificación de paisajes o como un factor más en la identificación de los mismos, sino como la base fundamental para la obtención de unidades de paisaje. Este hecho podría considerarse una ruptura con la línea de trabajo marcada en el “Inventario de Recursos Paisajes de Andalucía (referencia al libro Sierra Morena), donde se aplica la interpretación de la metodología LCA (Landscape Character Assessment; Countryside Agency and Scottish Natural Heritage, 2002) para los paisajes españoles (Gómez y Riesco, 2010). Sin embargo, este procedimiento puede entenderse como la oportunidad de culminar dicha metodología con la identificación de las Áreas de Carácter Paisajístico a escala comarcal. Dichas unidades incardinarían el paisaje y la gestión del territorio, aunando la estabilidad y consistencia necesarias para la gestión, gracias a la base física de la unidad visual, y el dinamismo y la evolución fenosistémicas, a través del SIOSE.

Para finalizar, se citan las principales conclusiones del presente trabajo:

- El estudio es reproducible.

- Los resultados muestran solidez en la identificación de áreas visualmente coherentes (continente) y flexibilidad en la utilización de los factores que determinen finalmente las unidades de paisaje (contenido).
- Se pueden obtener resultados a varias escalas, siendo especialmente importante la escala de detalle, por su vinculación con la gestión.
- Aunque puede suponer por sí mismo un nuevo método de identificación de paisajes, es posible y conveniente acoplar este procedimiento a la metodología utilizada en el Inventario de Paisajes de Andalucía, ampliando los resultados obtenidos.

Agradecimientos

Gracias a la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM) por facilitar toda la información utilizada en este estudio.

Referencias

- Brabyn, L. and Mark, D.M. (2011). Using viewsheds, GIS, and a landscape classification to tag landscape photographs. *Applied Geography*, 31, 1115-1122.
- Countryside Agency and Scottish Natural Heritage (2002). *Landscape Character Assessment – Guidance for England and Scotland*. Countryside Agency Publications.
- Domingo-Santos, J.M., Fernández de Villarán, R., Rapp-Arrarás, I. and Corral-Pazos de Provens, E. (2011). The visual exposure in forest and rural landscapes: An algorithm and a GIS tool. *Landscape and Urban Planning*, 101, 52–58.
- Felleman, J.P. (1979). *Landscape Visibility Mapping: Theory and Practice*. New York: College of Environmental Science and Forestry, State University of New York.
- Gómez, J. y Riesco, P. (2010). *Marco conceptual y metodológico para los paisajes españoles: aplicación a tres escalas espaciales*. Sevilla: Consejería de Obras Públicas y Vivienda (Junta de Andalucía)-Centro de Estudios Paisaje y Territorio.
- Guerrero, J.J., Ghislanzoni, M., Romero, D., Cáceres, F., Giménez de Azcarate, F. y Moreira, J.M. (2010). Identificación y caracterización del paisaje mediante parámetros visuales del relieve. REDIAM. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Sevilla: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Krause, C.L. 2001. Our visual landscape. Managing the landscape under special consideration of visual aspects. *Landscape and Urban Planning*, 54, 239-254.