

Sistema de Visibilidad de Andalucía: “Mapas con los pies en el suelo”

J.J. Guerrero¹, D. Romero², M.Ghislanzoni³, J.M. Sillero Almazán⁴, F. Cáceres⁵, F. Giménez de Azcarate¹, J. M. Moreira⁵.

(1) Departamento de Comunicación y Sistemas de Información, Agencia de Medio Ambiente y Agua, Johan Gutenberg, 1 (Isla de la Cartuja), 41092 Sevilla fgimenezdeazcarate@agenciamedioambienteyagua.es, jiguerrero@agenciamedioambienteyagua.es

(2) RQUER Tecnología y Sistemas SL. CI Cristo del Buen Fin, 7 41002 Sevilla. danielrr@arquitectosdecadiz.com

(3) Territoria SL. Plaza del Pelicano 4, local 5. 41003 Sevilla. mg@territoria.es

(4) ELIMCO Sistemas. Red de Información Ambiental de Andalucía. josem.sillero.ext@juntadeandalucia.es

(5) Dirección General de Desarrollo Sostenible e Información Ambiental, Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Avda. Manuel Siurot, 50, 41071 – Sevilla josem.moreira@juntadeandalucia.es, francisco.caceres@juntadeandalucia.es

RESUMEN

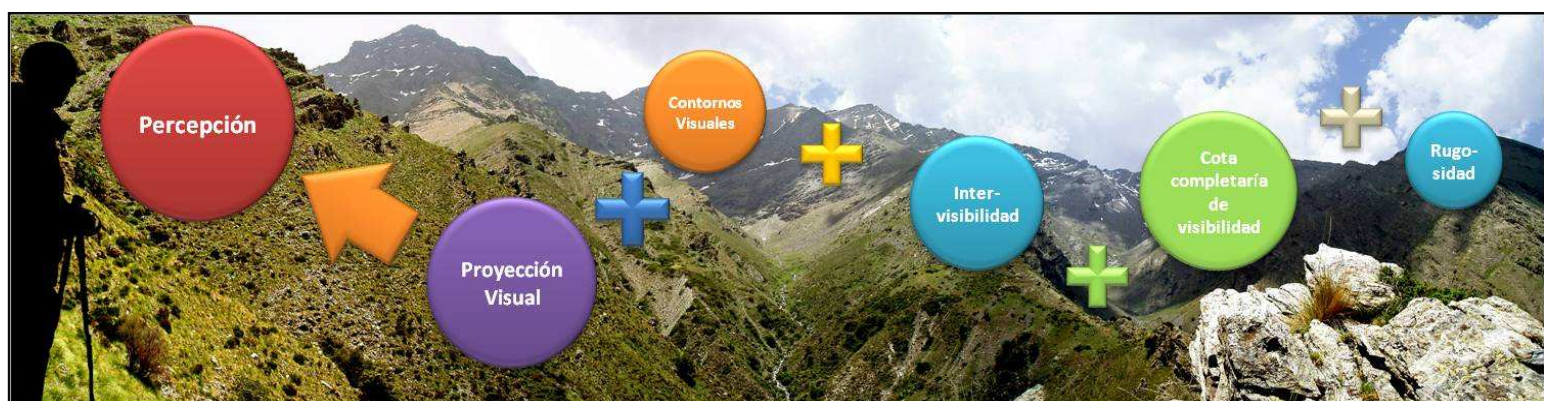
El Sistema de Visibilidad de Andalucía (SVA) es un ambicioso proyecto que permitirá en el futuro realizar estudios territoriales relacionados con el factor visibilidad. Los modelos de visibilidad actuales se limitan a relacionar elementos territoriales en puntos concretos, a modo de sondeo, lo que les hace poco representativos del resto del territorio. Esta limitación conceptual y técnica ha impedido el desarrollo de proyectos donde la visibilidad juegue el papel conector de los diferentes elementos que constituyen una región. El SVA rompe con esta restricción, ya que permite tratar la visibilidad como una propiedad global y cuantificable del territorio, desacoplada de la pequeña muestra que obtenemos al trabajar con un conjunto limitado de puntos de observación. Campos como el paisaje, detección de incendios forestales, impacto ambiental, urbanismo, realidad aumentada, orientación, etcétera mas otros muchos por descubrir, dispondrán ahora de un potente instrumento para su desarrollo.

Palabras Clave: paisaje, criterios visuales, visibilidad, recursos naturales, relieve, evaluación del carácter del paisaje, detección de incendios forestales, columna de humo, impacto ambiental, urbanismo, realidad aumentada, orientación, REDIAM.

ABSTRACT

The Andalusian Visibility System is an ambitious project that will allow carrying out surface analysis related to the visibility factor. Current visibility models are limited to relating terrain elements in a punctual way, as a sample. This conceptual and technical limitation has prevented the development of projects where visibility would play a connector rule between the different elements that characterize a region. The SVA breaks up with this restriction, since it allows dealing with visibility as a measureable global property of the territory, disengaged from the small sample that we get when working with a limited set of observation points. Fields of study such as landscape, forest fire detection, environmental impact, town planning, augmented reality, etcetera and much more yet to be discovered will have now a powerful instrument for their advancement.

Key words: Landscape, visual criteria, visibility, natural resources, surface, landscape character evaluation, forest fire detection, smoke billowing, town planning, augmented reality, orientation, REDIAM.



INTRODUCCIÓN

En las últimas dos décadas, la cartografía ha experimentado un alto grado de progreso y sofisticación. Este avance lo ha desarrollado a lo largo de dos dimensiones, ya sea a la hora de aportar soluciones a problemas técnicos –Sistemas de Información Geográfica (SIG) –, o en lo referido a la difusión entre usuarios no especialistas y el público en general –servicios de cartografía por Internet–.

La cartografía digital ha llegado muy lejos y no se detiene. Ya no sólo es una representación de la morfología del territorio; también lo recrea. Para cada elemento se establecen unas propiedades y unas relaciones con otros elementos; de esta manera construimos sistemas para simular los fenómenos más diversos. Algunos ejemplos: predicciones meteorológicas, simulación de inundaciones, modelización de ecosistemas y cultivos, etc. Podemos conocer desde los efectos que provocaremos sobre el clima si seguimos emitiendo gases de efecto invernadero al ritmo actual, hasta la ruta óptima y tiempo estimado de viaje para un desplazamiento en automóvil.

Sin embargo, la cartografía moderna, ha dejado atrás una visión de la que costó despegarse en sus orígenes, “el paisaje”, una visión ligada a la perspectiva humana de entender el territorio: “los mapas con los pies en el suelo”.



Figura 1. Mapas con los pies en el suelo. El sistema de referencia cartográfico del SVA es el propio observador, transformando la realidad cartesiana de un mapa tradicional a la realidad percibida por este.

Este concepto no es nuevo, ni mucho menos. Cualquier aplicación informática SIG o CAD, puede realizar una representación virtual de un escenario desde la posición de un observador a pie del terreno. Es posible simular la cuenca visual desde un punto determinado, e incluso hacer una simulación de un paisaje a pie de tierra con el mismo *Google Earth*. Sin embargo el resultado que da este enfoque tradicional no deja ser la foto fija de un escenario concreto, no es global y tampoco tiene medida. Es el producto de un sistema, al que no puede retribuir y retroalimentar, con lo cual se pierde el vínculo con el resto de la cartografía convencional.

El hecho de no retribuir a un sistema es una limitación insuperable. Hace que la visibilidad sea un concepto inmanejable, sin medida, sin representatividad y sin relación con el resto de elementos territoriales. Cualquier estudio que requiera realizar un análisis masivo de todos los puntos u observaciones posibles, y relacionarlo con otros elementos del sistema es imposible. ¿Qué quiere decir esto? Para entenderlo es mejor poner un ejemplo. Respondamos a la pregunta: ¿desde qué regiones de la costa andaluza podríamos divisar el mar, en un entorno mayoritariamente de bosques, si nos situásemos en un edificio –exista o no– de 30 metros de altura? Con el enfoque tradicional nos veríamos obligados a realizar una simulación de visibilidad de todos y cada uno de los puntos del territorio cercanos a la costa, una tarea prácticamente inabordable.

Además de darnos cuenta que hasta el momento los SIG no pueden responder consultas paisajistas, también vemos que para el enfoque clásico la relación entre la cartografía y el panorama es una calle de un solo sentido, podemos ver si desde un punto se observa el mar, pero no es viable conocer toda la región desde la que este puede verse.

El Sistema de Visibilidad de Andalucía (SVA) se basa en una nueva concepción que permite resolver este y otros problemas relacionados con la visibilidad, ya que permite trabajar en ambos sentidos. Con el SVA es posible realizar análisis masivos de estudio de visibilidad, al tratarse de un sistema donde existe un punto de la cartografía para cada panorama y un panorama para cada punto de la cartografía. Se dice entonces que es un *modelo omnipresente o ubicuo*, es decir, que tiene en cuenta todos los puntos de observación al mismo tiempo.

Para entender el concepto de modelo ubicuo, imaginemos que debemos diseñar el trazado de un tendido eléctrico entre dos puntos fijos. La altura de las torres y catenaria es de aproximadamente de 20 metros. Como criterio principal se requiere causar el mínimo impacto visual desde cualquier punto del territorio donde se sitúe un observador. Esto significa que debemos buscar un trazado a lo largo del cual una serie de objetos de 20 metros de altura sean vistos por la mínima extensión de área posible. La forma clásica de resolver este problema consiste en elaborar un trazado a priori, para posteriormente ver su impacto visual. Se elaboran varias alternativas y finalmente es elegida la que menos impacta. El SVA permite encontrar el trazado óptimo directamente, sin ensayos de prueba y error, ya que a priori conocemos todos los puntos de observación que pueden ver un objeto de 20 metros situado en cualquier punto del territorio. ¿Cómo es esto posible?, pues porque el cálculo ya se ha realizado y los resultados han sido almacenados en un modelo digital que recoge el computo global del análisis de visibilidad correspondiente (ver cuadro 1).

¿Y para qué queremos un Sistema de Visibilidad de este tipo? Con el primer ejemplo expuesto, un promotor de la construcción ya mostraría un gran interés en semejante aplicación. Pero son muchas más las utilidades, incluso de tipo militar. Sin embargo, la necesidad original para diseñar esta concepción de cartografía tiene su origen en crear un instrumento útil para la gestión del territorio con una visión de conocimiento y mejora del paisaje, y del medio ambiente en general.

¿Pero qué es el SVA? Para explicarlo, podemos compararlo con un “sistema hidrológico”. Su característica principal es que permite relacionar los elementos que componen el territorio por su relación transversal con el agua. Por ejemplo, relaciona dos puntos del terreno y los considera en la misma región, si el agua que precipita en ellos comparte la misma desembocadura. Se dice entonces, que dichos puntos comparten la misma cuenca, y la función de un sistema hidrológico consiste en relacionarlos.

El SVA relaciona los elementos del territorio mediante un vínculo transversal común: “la visibilidad”.

De la misma manera, el SVA relaciona los elementos del territorio mediante un vínculo transversal. En este caso el elemento ligazón es la visibilidad. Por otra parte, así como el agua puede medirse por su volumen, la visibilidad es un concepto con medida, o más bien un vector que puede descomponerse en varias componentes como son la intervisibilidad, proyección visual, la cota complementaria de visibilidad (de observador y de terreno), contornos visuales, rugosidad visual y apantallamiento. Este conjunto de valores que definen la visibilidad se denomina *modelo multiparamétrico de visibilidad*, y es parte constituyente del SVA (ver cuadro 2).

La visibilidad es un concepto con medida. El conjunto de valores que definen la visibilidad se denomina “modelo multiparamétrico de visibilidad”.

Figura 2. La *proyección visual* otorga a cada elemento del territorio un mayor o menor protagonismo a la vista del observador.



CUADRO 1

EL FUNDAMENTO DEL SISTEMA: EL PARÁMETRO DE VISIBILIDAD, MODULACIÓN PSICOFÍSICA Y MODULACIÓN POR ACCESIBILIDAD.

El Sistema de Visibilidad de Andalucía se basa en el estudio y recreación de la percepción humana del territorio. Lo hace de forma ubicua y masiva; es decir, no se centra en puntos singulares, sino que analiza la totalidad del territorio.

El sistema se ideó originalmente para el estudio y caracterización de los paisajes, pero sus aplicaciones son múltiples. Tenemos el panorama que se divisa desde cada punto del territorio, con todos los elementos perfectamente georreferenciados.

Una serie de parámetros caracteriza la percepción humana del territorio. El más importante es la intervisibilidad. Su valor para un punto cualquiera del territorio, al que llamaremos O, es el resultado de evaluar si ese punto O es visible o no desde cada uno de los puntos de su entorno en un radio de 15 kilómetros.

Por cada punto desde donde sí es posible divisar el punto O desde una altura de 1'70 m sobre el nivel del suelo sumamos 1. Por cada punto desde donde no se puede divisar el punto O sumamos 0. El resultado es una medida objetiva y exacta de lo visible que es el punto O.

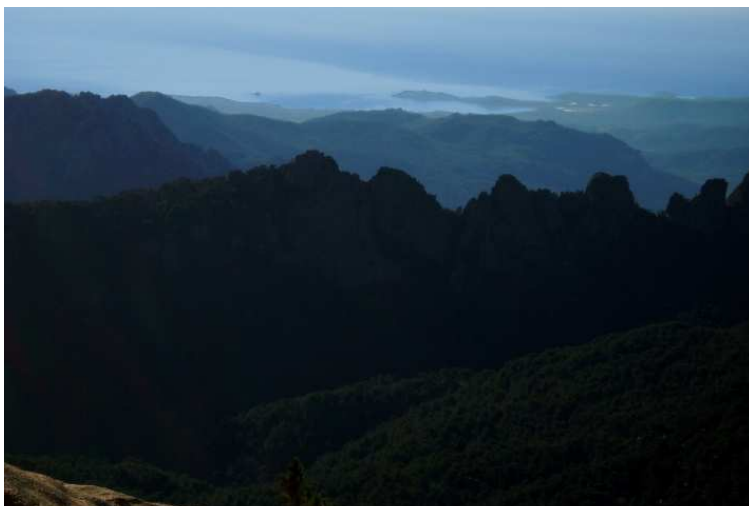
Repetimos este proceso para todos los puntos del territorio. Tomadas de una en una, cada una de estas medidas parece similar a los típicos estudios puntuales de visibilidad. Pero al considerar el conjunto resulta que tenemos registradas las relaciones de intervisibilidad para cualquier par de puntos en todo el territorio. Es decir, para dos puntos cualesquiera sabemos siempre si la superficie del terreno en A es visible desde 1'70 m sobre el terreno en B y si B es a su vez visible desde 1'70 m por encima del terreno en A.

Esto significa que para cada lugar tenemos una medida de la visibilidad que se puede tener desde allí del territorio y además de lo visible que resulta a su vez para su entorno. Además analizar masivamente todas estas relaciones obtenemos de forma natural conjuntos de puntos con alta intervisibilidad, que son auténticas cuencas visuales.

Estos resultados pueden ser refinados con diferentes modulaciones. Por una parte, podemos tener en cuenta el hecho de que en diferentes zonas del territorio habrá diferencias en cuanto al número potencial de personas y su actitud, por lo que variará el número de observaciones efectivas desde cada lugar. Este hecho lo tenemos en cuenta por medio de lo que denominamos modulación por accesibilidad.

Por otra parte, en algunas aplicaciones, como estudios de impacto ambiental, interesa estudiar mayor o menor presencia de un objeto en el campo visual de los observadores. Esta invasión del campo visual, medible como el ángulo visual percibido, resulta ser diferente del ángulo visual geométrico, y es función de este último, del tamaño del objeto y de la distancia. Para tener esto en cuenta y obtener una medida exacta de la presencia visual total de un objeto en su entorno introducimos una modulación a la que denominamos psicofísica o en ocasiones modulación por distancia.

Figura 5. El SVA permite realizar explotaciones masivas de datos geográficos y relacionarlos con la visibilidad. Podríamos responder a preguntas como: ¿Qué lugares de Andalucía en un paisaje de bosques, tienen vistas al mar? Incluso podríamos distinguir cuánto de cada.



Proyección Visual

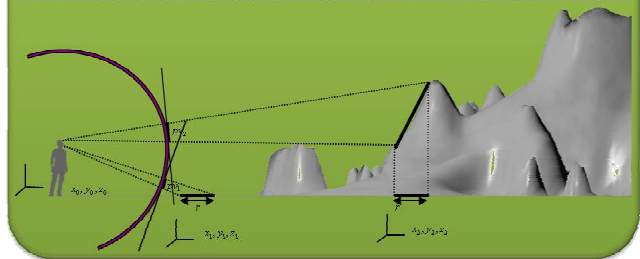
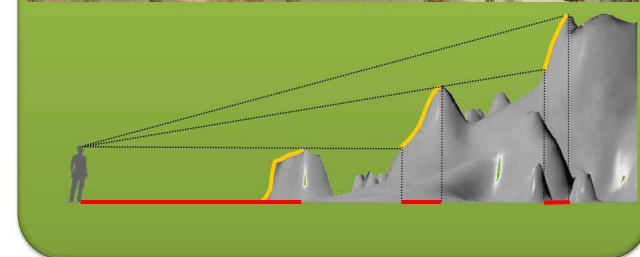


Figura 3. La **proyección visual** discrimina el carácter de paisajes cuyo resto de elementos paisajísticos son equivalentes.

Figura 4. La **intervisibilidad** es el parámetro más directo y sencillo del SVA. Discrimina para cada punto del territorio si es visto o no por el observador.

Intervisibilidad



CUADRO 2

OTROS PARÁMETROS DEL SISTEMA

ADÉMÁS DE LA INTERVISIBILIDAD, EL SISTEMA CONTEMPLA OTRAS CUATRO COMPONENTES BÁSICAS DE LA VISIBILIDAD:

Cota complementaria de visibilidad: esta componente se refiere a dos parámetros inversos. Por un lado, a la altura adicional que necesitaría un punto del terreno para hacerse visible a un observador en una localización concreta. Por otro, a la altura adicional que necesitaría el observador para alcanzar a divisar el punto. Un punto con una media alta de alturas complementarias necesarias para ser visto sería un punto especialmente poco visible para su entorno, y viceversa. Un punto con una media baja de alturas complementarias para ver podría ser un buen lugar para erigir una estructura de vigilancia. Esta componente es relevante en aplicaciones relativas a lucha contra incendios forestales, en cuyo caso el objeto sería una columna de humo. También resulta de utilidad en paisajismo y estudios de impacto ambiental.

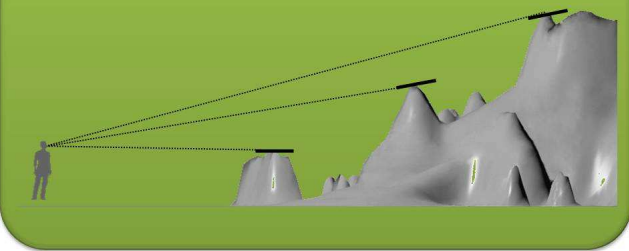
Contornos visuales: los *contornos visuales* de una superficie respecto de un observador son aquellas líneas o bordes que delimitan la silueta de la superficie. Son las líneas que trazaríamos si quisiéramos dibujar la silueta de las montañas contempladas desde nuestro punto de vista. Estos contornos corresponderán a una serie de puntos sobre el terreno que podemos estudiar desde un punto de vista cenital. En estos lugares la cubierta vegetal, rocas o infraestructuras resultan especialmente visibles para el observador, dado que constituyen líneas de ruptura en la percepción visual. Su distribución es una propiedad visual de un relieve. Estos puntos singulares tienen especial relevancia en la percepción del paisaje por un observador humano. Para cada punto O del territorio estudiamos tanto los puntos que marcan los contornos visuales de los relieves observados desde O como el conjunto de puntos para los que el propio O forma parte de algún contorno visual.

Proyección visual: viene dada por la proyección de cada porción del terreno sobre el plano del observador. Para cada punto del terreno puede obtenerse el valor medio de la proyección que da para los observadores del entorno, así como medidas de dispersión, etcétera. También puede estudiarse el valor medio y la distribución de los valores de proyección visual que se perciben desde cada punto del territorio.

Rugosidad visual: este parámetro refleja la variación de la proyección visual en el campo visual del observador en cada punto, es característica para diferentes paisajes. Igualmente obtenemos tanto medidas centrales como de dispersión.

Apantallamiento: esta componente relaciona el lugar geométrico de emplazamiento de elementos que bloqueen la visión, dimensiones de los mismos, y efecto que causan en la percepción del paisaje. Diferentes porciones del territorio presentan distintas sensibilidades al apantallamiento. Es de utilidad en estudios de impacto ambiental, paisajismo y otras aplicaciones.

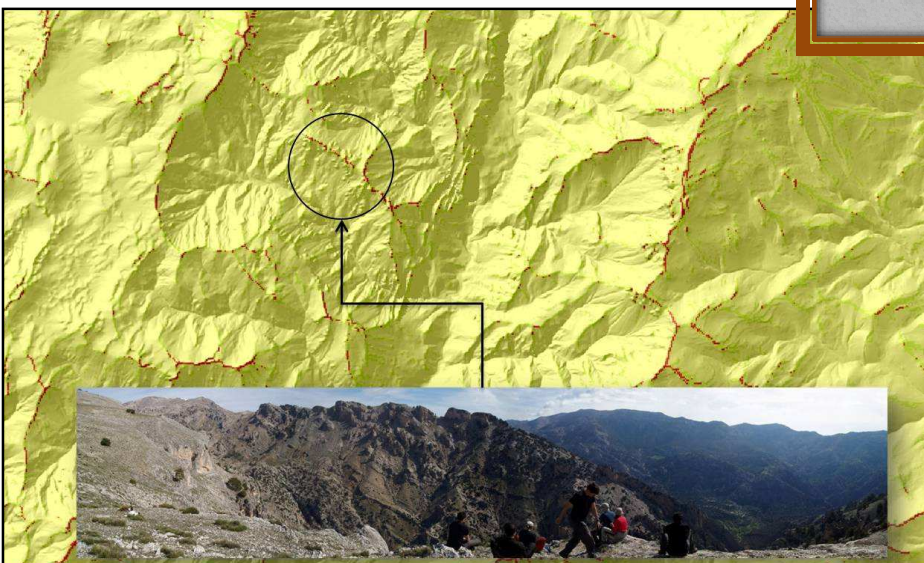
Contornos Visuales

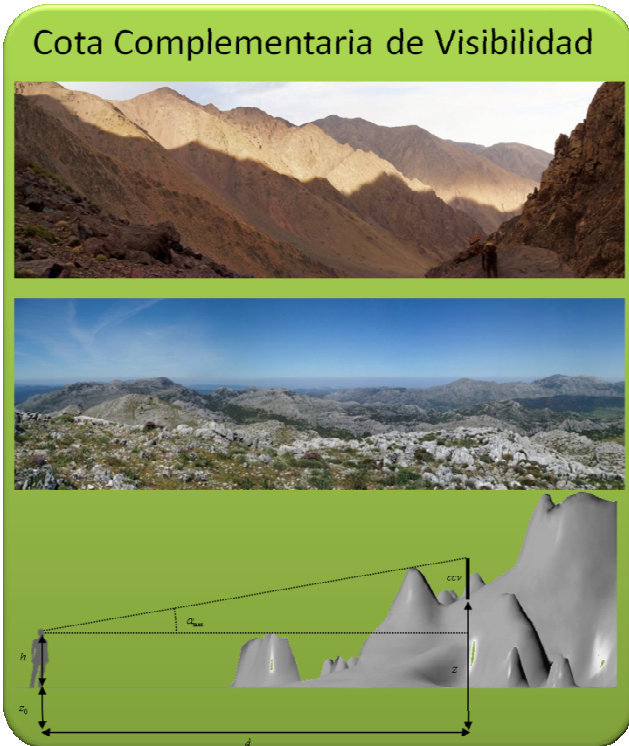


Figuras 6 y 7. Los contornos visuales son un parámetro que representa las formas del relieve tal y como son percibidas por el observador: el territorio tal y como lo dibujaría un pintor a tiza y carboncillo.



Figura 8. Modelo Digital de Contornos Visuales. Los contornos visuales son puntos que marcan el límite visual de las formas del relieve. Muchos de ellos tienen esta peculiaridad desde muchos puntos de observación, lo que les hace especialmente singulares. Suelen organizarse en líneas, y una formación geológica especial, edificación singular, árbol, etc. localizado en ellos, se hace especialmente patente en el paisaje. Son muy sensibles a las actuaciones inapropiadas, tales como antenas.





Figuras 9 y 10. La cota complementaria de visibilidad es un parámetro visual muy interesante para la integración paisajística de elementos artificiales en el paisaje o la detección de incendios forestales.

APLICACIONES DEL SVA

Detección de incendios forestales

Una de las aplicaciones más directas del SVA es la detección de incendios forestales. Un fuego que no es detectado con rapidez, corre el riesgo de convertirse en un gran incendio forestal. La mayor parte de los incendios son detectados por la columna de humo que generan, y es muy probable que solo cuando su altura es elevada. Por este motivo los modelos digitales de cota complementaria de visibilidad cobran especial importancia para reconocer lugares conflictivos.

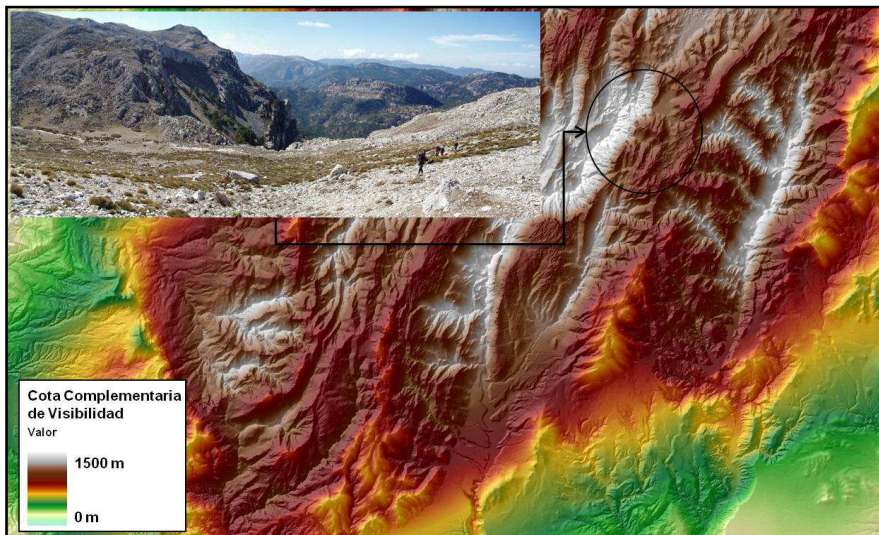


Figura 11. Modelo Digital de Cota Complementaria de Visibilidad. Un valor de 1500 m, significaría que una columna de humo vertical necesitaría esta longitud para ser divisado en la mitad del territorio próximo (15 km)

A nivel de planificación y gestión, el modelo permite realizar la optimización de las redes de vigilancia, junto al resto de criterios implicados en la lucha contra incendios forestales (vulnerabilidad, protección civil, valor ecológico y económico, etc.). Mientras que a nivel de actuación, sistemas de localización

El SVA optimiza los recursos dedicados a la detección de incendios forestales, integrando todos los criterios y factores considerados en la lucha contra incendios forestales.

basados en el SVA, permiten la localización del origen del incendio con escaso margen de error, desde una sola torre de vigilancia.

Impacto Ambiental y Restauración Paisajística

En los últimos años se ha avanzado mucho en la protección del medio ambiente. Muchos hábitats han sido resguardados o rehabilitados para proteger especies amenazadas o de interés. Esta actitud ha protegido indirectamente paisajes con alta componente natural, sin embargo, ha olvidado preservar el hábitat o entorno de una especie no menos importante: el ser humano. En este sentido el SVA construye las bases científicas y técnicas para abordar de manera objetiva el impacto paisajístico de una actuación sobre el territorio, o la restauración



óptima de una que ya está ejecutada, donde por impacto paisajístico entendemos la integración real del impacto ambiental con el impacto visual, de una forma objetivable, medible y reproducible.

El procedimiento actual para escoger una alternativa de proyecto con bajo del impacto paisajístico consiste en hacer uno o varios ensayos, para posteriormente evaluar su impacto. Con el SVA las soluciones directas.

Líneas eléctricas, aerogeneradores, carreteras, construcciones, etc. son elementos necesarios para el desarrollo económico y social. Sin embargo, dichas actuaciones pueden distorsionar, banalizar o simplificar un paisaje, empobreciendo la calidad de vida de los ciudadanos. En muchas ocasiones, dichos criterios no son considerados por no poseer un instrumento viable y objetivo que cuantifique el impacto del paisaje, y cuando lo son, la sistemática sigue un procedimiento de prueba y error, sin saber exactamente si la solución adoptada es realmente la óptima. Con el SVA la solución escogida puede optimizarse o integrarse a un flujo de decisión multiobjetivo.

Realidad aumentada y sistema de orientación

El SVA es un traductor de cartografía convencional (*ortogonal*) a paisaje (*oblicua*), incluyendo a todos los elementos cartográficos que deseamos visualizar a pie de terreno. Con un sistema GPS en un dispositivo móvil con brújula, es posible desgranar el territorio desde la perspectiva instantánea del observador. Orientarse, localizar un camino o sendero, montaña, refugio, fuente, población de flora protegida, etc. se convierte en un proceso directo, y que no requiere interpretación.



Figura 12. Realidad esquematizada y aumentada. Se trata de un sistema eficaz y directo para la orientación en campo e identificación de elementos cartográficos. No requiere ningún tipo de interpretación cartográfica. Lo que vemos en el terreno es representado de manera esquemática en el móvil.

Paisaje

Cualquier estudio paisajístico que no considere la percepción y, dentro de esta, la visibilidad como componente transversal que relaciona los elementos geográficos de una región, no deja de ser un estudio territorial a secas. Sin embargo, incluir la visibilidad como ligazón en los estudios del paisaje no es tarea fácil.

Con multitud de acepciones, el término “paisaje” se muestra ligado a un concepto o idea a la vez simple y sugerente como compleja, subjetiva y etérea, claramente sujeta al territorio y todas las variables que lo integran, pero cuyo traslado a la ciencia se hace sumamente impreciso y complicado. Existen definiciones claras y sencillas, como “Paisaje es la percepción de un territorio por parte de una persona”, o la expuesta en el *Convenio Europeo del Paisaje (Florencia, 2000)*: “cualquier parte del territorio, tal y como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la interacción de factores naturales y humanos”.



¿Por qué es importante el Paisaje? Existen muchas necesidades ancestrales que ya no tienen sentido en el mundo moderno. Ya no cazamos, ni debemos recorrer grandes distancias a pie para conseguir alimentos, podemos sobrevivir sin nuestro instinto orientativo, sin conocer la conducta de animales, las propiedades de las plantas o el comportamiento del clima. Sin embargo, nuestro cuerpo y mente han evolucionado

para ello, y aunque el fin real quede cubierto, aún está latente la necesidad de la propia funcionalidad. Debemos ser lo que podemos ser, y el paisaje es una pieza más del rompecabezas de la naturaleza humana. Cuando desaparece, tenemos la necesidad de crearlo, y su estado repercute directamente en la calidad de vida y en el bienestar físico y mental de las personas.



Figuras 13 y 14. Técnicas ancestrales como la del “bonsái”, miniaturiza el paisaje para llevarlo hasta casa.

Quando el paisaje desaparece, tenemos la necesidad de crearlo, y su estado repercute directamente en la calidad de vida y en el bienestar físico y mental de las personas.

El SVA asienta las bases para la realización de estudios paisajísticos sobre cimientos objetivos y medibles.

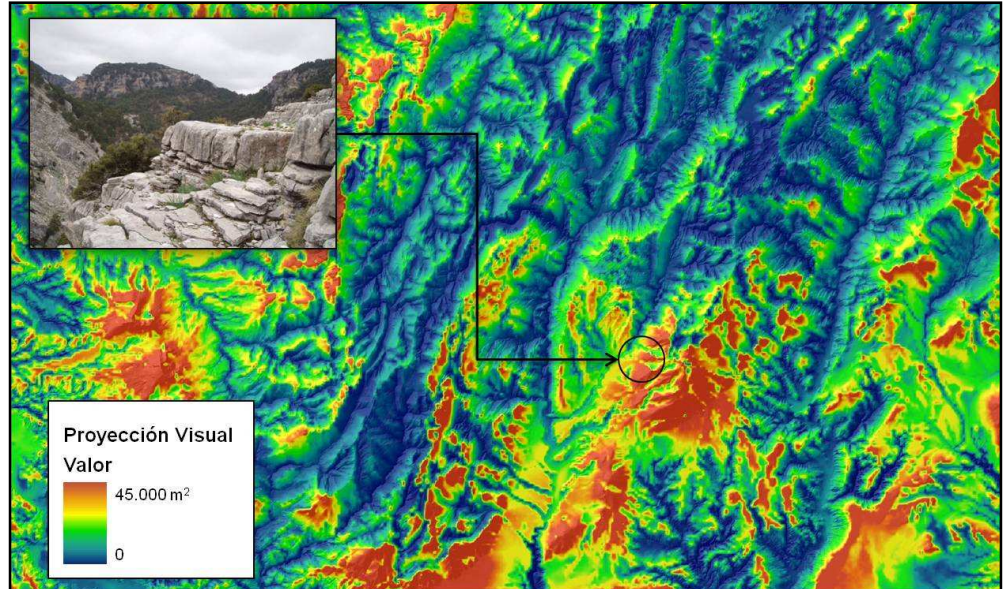
Incluso pasando por alto estas consideraciones antropológicas, el paisaje es un hecho de interés general, un bien colectivo y no privativo, que participa en la sostenibilidad como capital natural, cultural y territo-

rial, que genera calidad de vida y que se sitúa como activo económico, contribuyendo a la creación de empleo. En su asombrosa diversidad, el Paisaje Andaluz tiene un marcado carácter mediterráneo: un distintivo de calidad de vida para sus habitantes, y para los visitantes un atractivo turístico que le otorga ser la industria número uno de la región.

Ahora bien, ¿cómo cuantificamos el paisaje? La percepción del territorio por el hombre es un fenómeno subjetivo. La ventana principal a ésta se realiza mediante la visibilidad. Sin subestimar, sonidos o silencio, olores y otras sensaciones, incluidos los recuerdos y conocimiento, el territorio es aprendido y poseído por la visión. De esta forma, el SVA asienta las bases para la realización de estudios paisajísticos sobre cimientos objetivos y medibles (ver cuadro 2). Sea cual sea la metodología usada para tipificar, delimitar y caracterizar las cua-

lidades locales de un territorio, este sistema permite trasladarlo al ámbito de la percepción humana, transformando y acercándolo al concepto real de paisaje.

Figura 15. Modelo Digital de Proyección Visual. Distingue las zonas con muy alto protagonismo en el paisaje. Actuaciones tales como una cantera en las regiones con mayor proyección visual, tendría un efecto multiplicador del impacto sobre el paisaje.



AGRADECIMIENTOS

Maria Luisa Sillero
Almazán

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SWANWICK, CARYS (2002): Landscape Character Assessment Guidance for England and Scotland. Prepared on behalf of The Countryside Agency and Scottish Natural Heritage. Department of Landscape. University of Sheffield and Land Use Consultants.

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. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 841-860.