

Utilización de técnicas SIG en la modelización de la contaminación lumínica y aplicación de medidas correctoras: el caso de la Albufera de Valencia.

Autor: Gerardo Urios Pardo. Doctor en Biología.

Cartografía: Antonio Pellicer Gonzalbez. Ingeniero de Montes.

landstudios@landstudios.com

INTRODUCCION:

La utilización de Sistemas de Información Geográfica para la modelación de fenómenos naturales esta teniendo hoy día amplio desarrollo. No obstante, la modelización de fenómenos como el que nos ocupa, la contaminación lumínica, ha recibido menos atención, lo que inicialmente ha supuesto un ligero handicap al proyecto que aquí se describe.

La utilización de modelos digitales del terreno (MDT) a su vez ha resultado de gran interés para el análisis y la plasmación cartográfica de fenómenos como los analizados, siendo especialmente adecuados para la modelización de variables cuantitativas y de distribución continua.

Una de las principales características y ventajas de los modelos digitales de elevaciones es la facilidad con la que pueden derivarse nuevas variables a partir de éstos, sin la utilización de datos auxiliares o información adicional procedente de otras fuentes.

Algunos autores distinguen entre lo que se denomina atributos primarios, a saber, aquellos que se calculan directamente a partir del modelo digital de elevaciones, y los denominados atributos secundarios, que requieren para su cálculo de la utilización de varios atributos primarios, y que suelen constituir índices con una base física o derivados empíricamente, que caracterizan la variabilidad espacial

de un proceso específico que se da en el territorio (Moore *et al.*, 1991, 1993).

Las aplicaciones generales de los MDT podrían dividirse en tres grandes grupos: aplicaciones hidrológicas, geomorfológicas y ambientales. La aplicación que aquí se describe constituye un tipo de aplicación ambiental particular que permite la modelización de la iluminancia así como las cuencas visuales o la incidencia visual de la iluminación concepto que de alguna manera son nuevos y complementarios a las magnitudes físicas medidas y descritas con mayor profundidad en otros apartados del presente libro.

METODOLOGIA EMPLEADA:

Como se dijo con anterioridad, la metodología planteada es en cierta medida novedosa, al ser muy escasos los ejemplos de modelización de la contaminación lumínica disponibles en la bibliografía. Sucintamente, los pasos en los que se ha basado el proceso han sido los siguientes.

Obtención del modelo digital de elevaciones:

La inexistencia de cartografía base a una escala adecuada para un ámbito más amplio que la propia zona objeto de estudio ha sido el principal problema con el que nos encontramos al iniciar los trabajos. La generación de un MDT *ex novo* implicaba costes muy elevados por lo que hubo de recurrir a los únicos modelos digitales del terreno existentes, concretamente el del IGN que posee un tamaño de malla de 25 metros. Dicho modelo abarca una superficie aproximada de 1250 Km², y dispone aproximadamente de 1000 filas x 2000 columnas.

Una de las principales características del terreno es la extremada monotonía y configuración eminentemente plana de la

zona de estudio lo que hace que el análisis del efecto pantalla, derivado de la presencia de vegetación o edificaciones, se haga especialmente necesario para matizar y corregir los mapas de visibilidad obtenidos, como se ve en la figura siguiente.

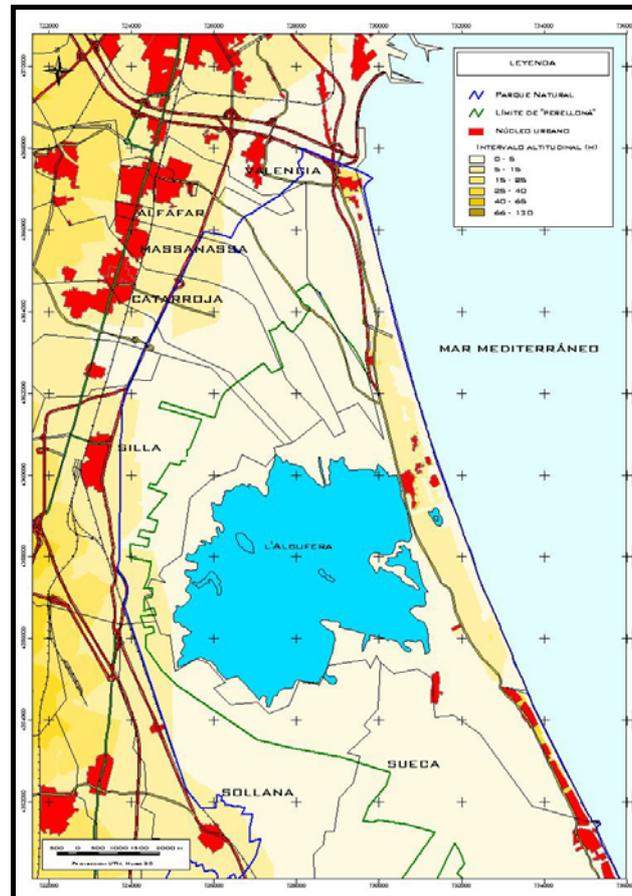


Figura 1. Modelo Digital del Terreno corregido

Técnicas de interpolación de datos

Partiendo de la nube de puntos con mediciones de la iluminancia para una superficie bastante amplia, pero parcial, de la zona de estudio es necesario derivar valores de iluminancia en puntos no muestrales y que abarquen efectivamente la totalidad de la zona de estudio. A partir de dichas mediciones y la utilización de la técnica de interpolación espacial denominada *kriging*, se obtiene el Modelo de Iluminancia, con un tamaño de celda de 10 x 10 m.

Efectuadas distintas pruebas de interpolación se observa como el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos muestrales es el gaussiano:

$$\gamma(h) = c_0 + c \left(1 - \exp\left(\frac{h^2}{r^2}\right) \right) \quad h > 0$$
$$\gamma(h) = 0$$

Se asume que los errores obtenidos por *kriging* están distribuidos de forma normal y que por tanto hay un 95,5 % de probabilidad de que el valor real de *Z* en la celdilla sea el obtenido por interpolación (esperado) más dos veces la raíz cuadrada de la varianza.

La interpolación espacial realizada por *kriging* es óptima en sentido estadístico dado que es insesgado y la suma de los cuadrados de las desviaciones es mínima. La obtención de dicho modelo permite en una primera aproximación determinar cuales son las zonas de mayor contaminación lumínica y prever la ubicación más idónea de las pantallas que pudieran ser necesarias para atenuar los impactos observados sobre las zonas de mayor interés ambiental.

Los cálculos se realizan con algoritmos propios de ARC/INFO (ESRI, Redlands, CA).

Calculo de cuencas visuales e incidencia visual

La obtención de cuencas visuales utilizado en este caso, se basa en el cálculo de la intervisibilidad entre puntos, aplicación que utiliza el método de levantamiento de perfiles topográficos entre dos puntos. Esencialmente, el procedimiento informático realiza un perfil topográfico entre dos puntos conectados entre sí por una línea visual, analizando posteriormente si los puntos intermedios interceptan, debido a su altitud, dicha línea visual.

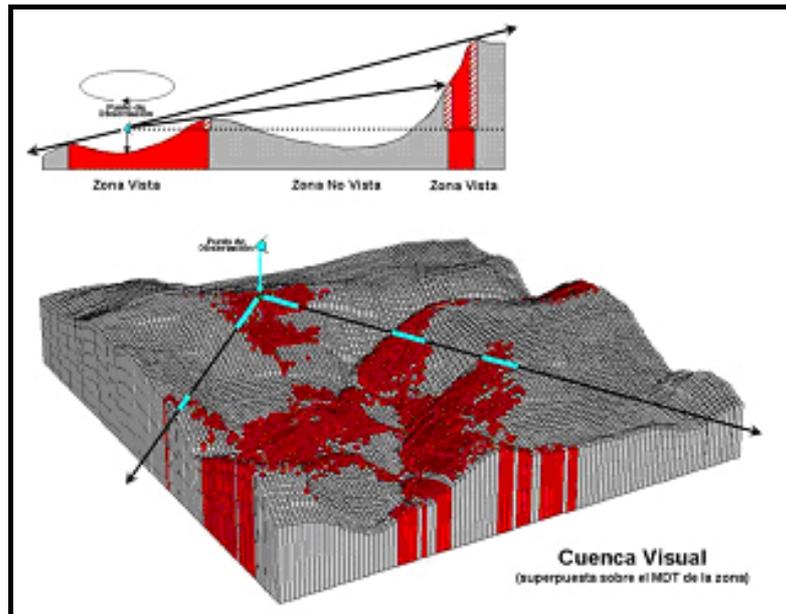


Figura 2. Obtención de las cuencas visuales.

La generalización de dicho análisis de intervisibilidad entre dos puntos permite la construcción de cuencas visuales. Así, la cuenca visual de un punto base (el foco) se define como el conjunto de puntos de un modelo con los cuales este punto base está conectado visualmente.

Para la obtención de las cuencas visuales se escogerán diversos puntos foco dentro del área de estudio -que en nuestro caso son las farolas existentes en todo el ámbito de estudio- cuyas coordenadas UTM exactas fueron obtenidas por técnicas GPS.

Desde ellos se realiza el análisis de cuencas visuales teniendo en cuenta además dos parámetros correctores que permiten un resultado más depurado, a saber: la altura del observador (farolas) y la existencia de zonas que constituyen pantallas actuales que bloquean las visuales (edificios, masas vegetales). Para efectuar dichas correcciones se procede sumando a la cota real del terreno la altura media de las farolas que, aunque muy heterogénea, puede estimarse para el conjunto del parque en una media de 6 metros. Para la corrección del efecto pantalla se dispone de un mapa de usos con la distribución y altura media de las edificaciones y principales zonas arboladas o con matorrales densos que actúan de hecho como

pantallas de las visuales. Dicho mapa se convierte al formato *raster* con el tamaño de celda adecuado y se suma usando álgebra de mapas al MDT original antes de iniciar los análisis.

La cuenca visual estima por tanto las zonas que son o no visibles desde las celdas foco (farolas). Extendiendo este concepto a la suma del número de veces que cada celda es vista por el total de las celdas de observación se obtiene lo que conocemos como *incidencia visual*.

Además, se han calculado las cuencas bajo el supuesto de la futura implantación de una serie de pantallas vegetales, en lugares estratégicos en los que la elevada iluminancia registrada afecta a Áreas de Máxima Protección (E0). En algunos casos se trata de pantallas existentes que tan sólo necesitarían pequeñas actuaciones de mejora, en otros son pantallas nuevas, se trata de las siguientes: área oeste de El Saler, oeste de la Oficina Técnica Devesa-Albufera y la Urbanización Les Gavines, oeste de El Palmar, norte de El Perellonet, junto a la Gola y por último oeste de las urbanizaciones de Valencia situadas al Norte de la Gola de El Perelló.

Se ha considerado que la altura de estas pantallas será de 12 metros –altura perfectamente alcanzable para especies arbóreas típicas de la zona-, cota que se suma al MDT descrito anteriormente, para posteriormente proceder al cálculo de las nuevas cuencas visuales e incidencia visual utilizando los mismos procedimientos y puntos-foco que en el caso anterior. La comparación de ambos modelos permite ver claramente el efecto y la distribución de las zonas donde eventualmente se reducen las cuencas o la incidencia visual.

Por último se ha aplicado un filtro de medias, a fin de suavizar los datos obtenidos y permitir una más adecuada visualización.

Asimismo se calcula la incidencia visual desde las principales infraestructuras lineales existentes; concretamente la CV-401, la autopista de El Saler CV-5010 y su prolongación, la CV-500. El procedimiento es el mismo que en anteriores casos, pero en este

Así, como era de esperar, dichas zonas con niveles elevados de iluminancia se configuran en los bordes de las poblaciones como Pinedo, Saler y Perellonet, observándose valores asimismo medios de iluminancia que afectan a zonas especialmente sensibles como la marjal (arrozales) y el lago de la Albufera.

Como cabía suponer para una zona llana como la que nos ocupa, donde los accidentes topográficos son escasos, las cuencas visuales y, por ende, la incidencia visual son en general elevadas. Destaca la elevada incidencia visual que se da en zonas de alto valor ecológico, como es el caso del propio Lago de la Albufera. Los resultados de la aplicación de pantallas vegetales (o de otro tipo) pueden ser notables en algunos casos, al reducirse considerablemente la incidencia visual, a saber, el número de farolas directamente observables, lo que consecuentemente implicaría una reducción de la iluminancia directa que pudiera medirse en las mismas.

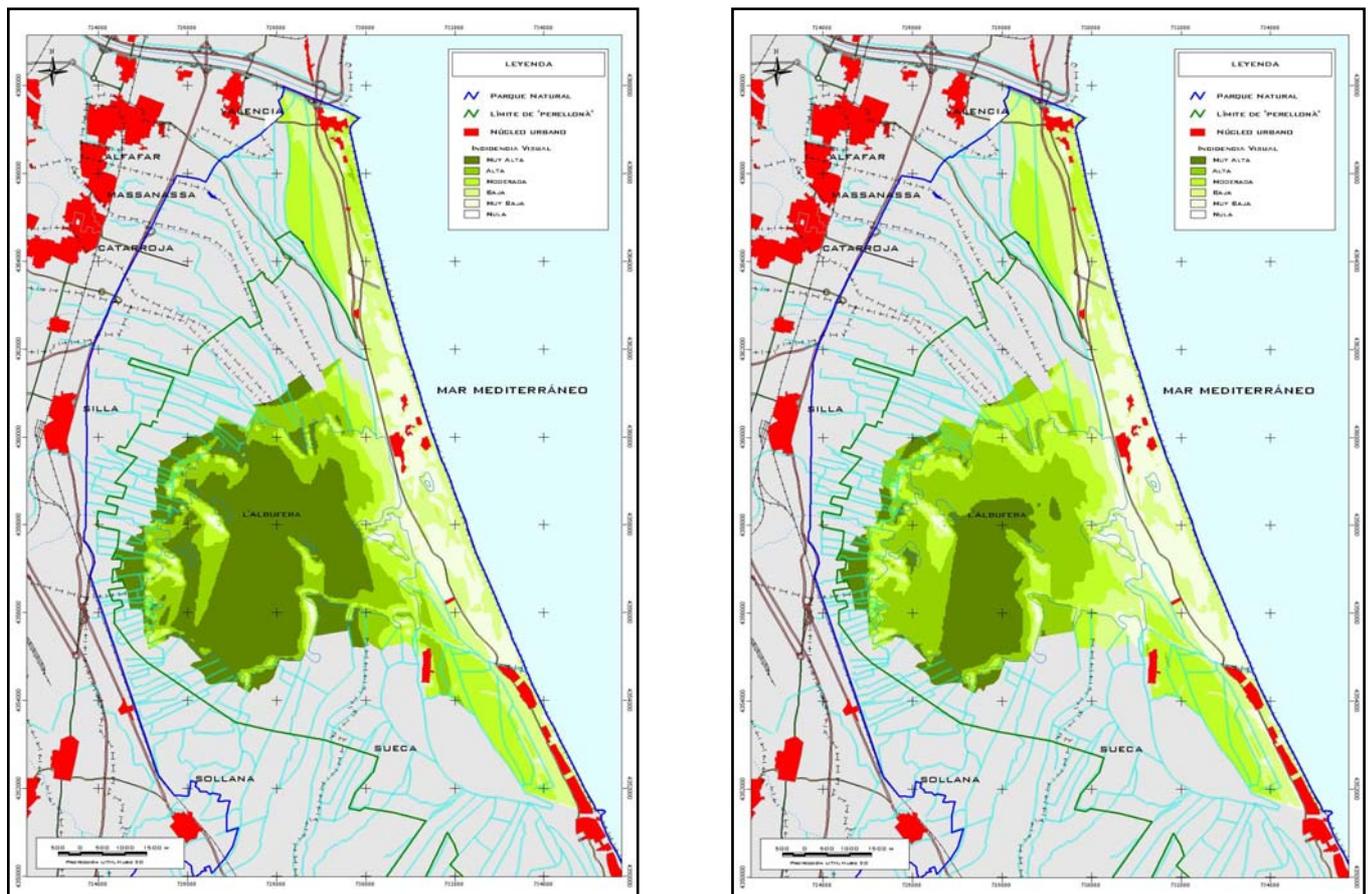


Figura 4. Incidencia visual para el conjunto de todas las farolas de la zona de estudio

Dado que como regla general a partir de cierta distancia el impacto visual se atenúa o reduce de forma considerable es posible matizar este análisis para reflejar con mayor claridad que, aunque exista conexión visual entre El Palmar y Pinedo por ejemplo, la distancia es suficiente como para no incluir en los análisis farolas situadas a más de 4 kilómetros y por tanto la incidencia real es menor.

De este modo, repitiendo los análisis para zonas homogéneas, se obtiene la siguiente figura.

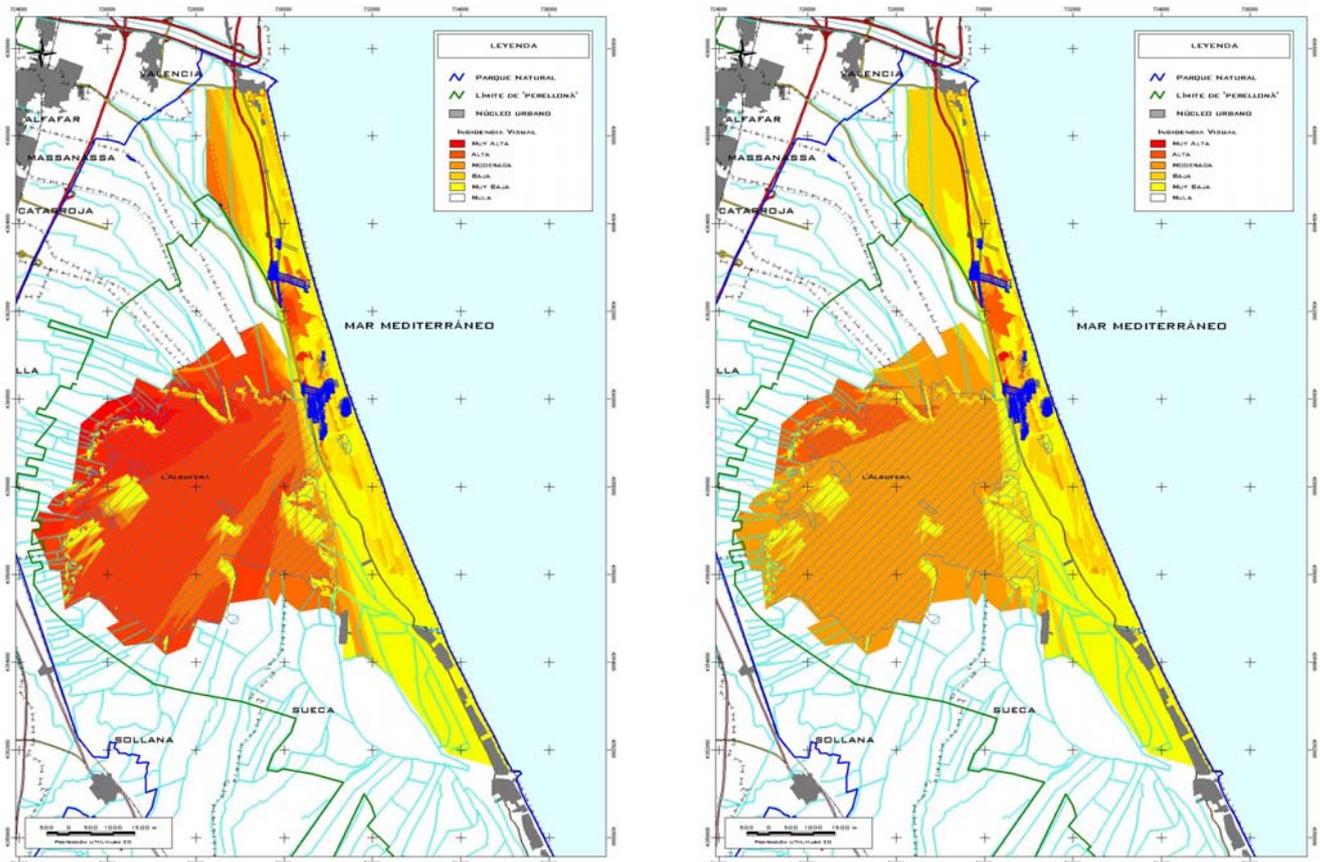


Figura 5. Incidencia Visual desde las farolas zona central , sin pantallas (izquierda) y con pantallas (derecha)

Así, se observa una reducción más notable de la incidencia con la consideración de bloques homogéneos de territorio sin considerar puntos focales excesivamente alejados.

La reducción de la cuenca y la incidencia visual es igualmente notable en el caso de la zona sur, donde grandes zonas del marjal y lago reducen la incidencia visual de forma considerable.

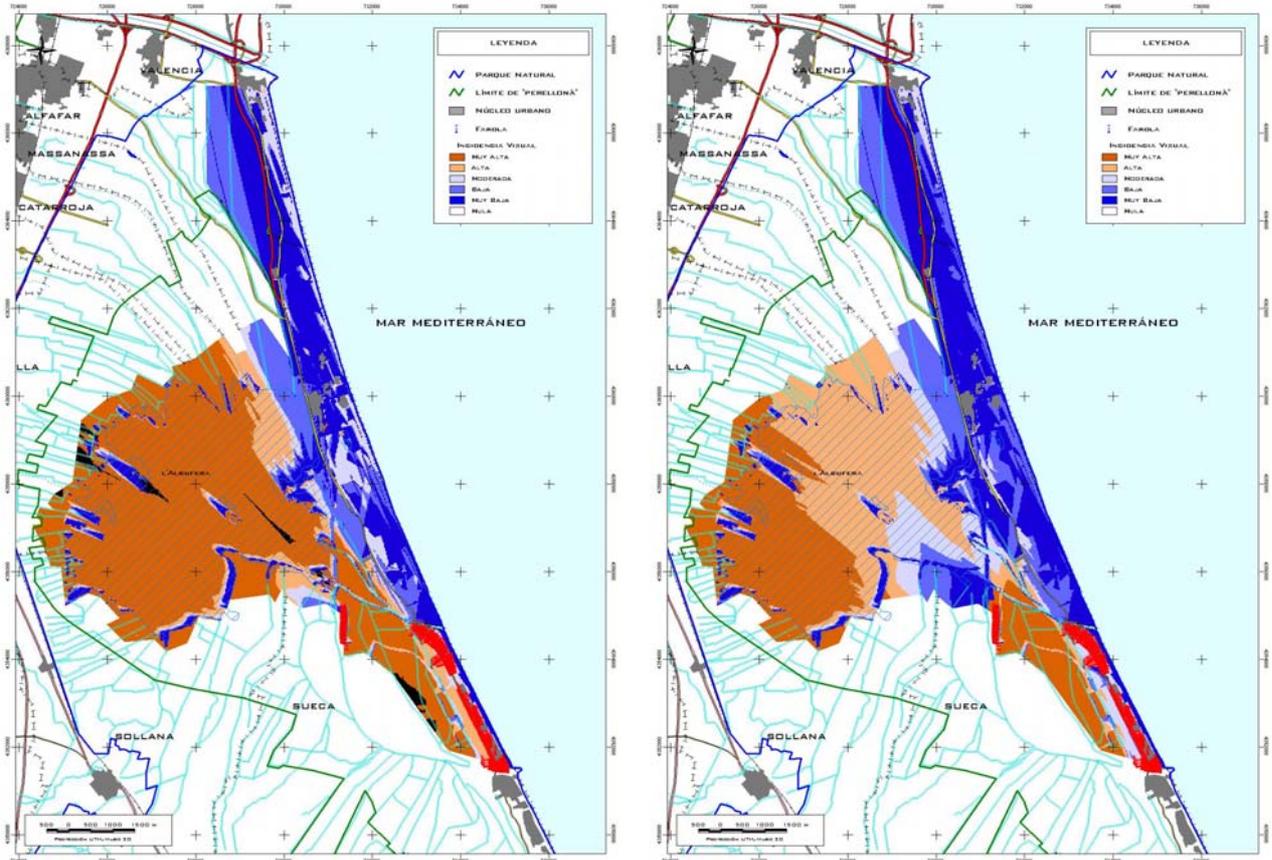


Figura 6. Incidencia Visual desde las farolas del sector sur, sin pantallas (izquierda) y con pantallas (derecha).

Por su parte, los mapas de distancias a las zonas de mayor valor ambiental permiten detectar la existencia de numerosas luminarias muy cercanas a las zonas especialmente sensibles lo que permite priorizar las actuaciones a acometer para reducir el impacto de la contaminación lumínica.

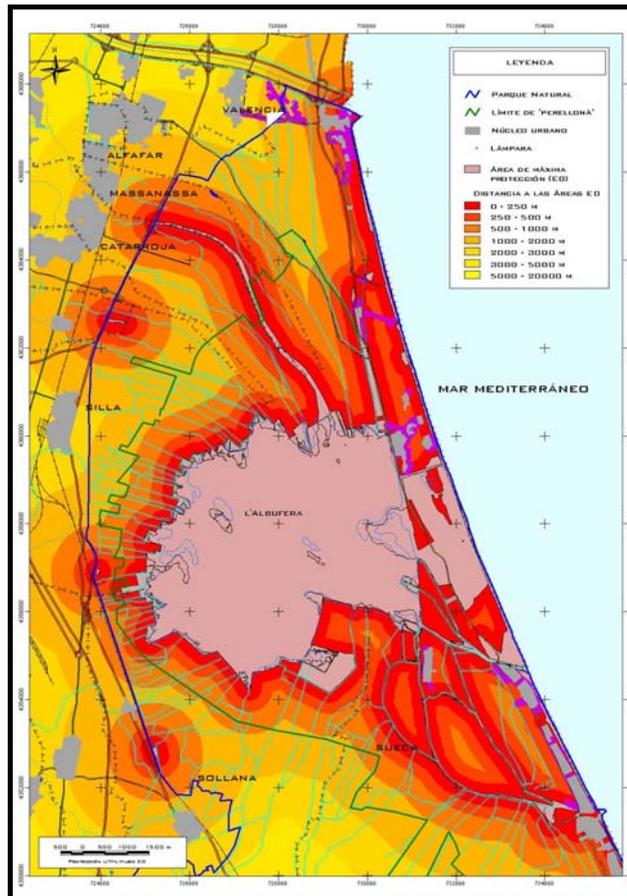


Figura 7. Mapa de distancias a las zonas de mayor valor ambiental

Los análisis derivados permiten conocer el número y la posición exacta de las farolas para los intervalos de distancias concretos, lo que va a permitir una adecuada priorización de las actuaciones a llevar a cabo e incluso estimar su coste aproximado de forma rápida y eficiente.

Los análisis de incidencia visual ponderada para infraestructuras lineales son asimismo concluyentes como se aprecia en la siguiente figura.

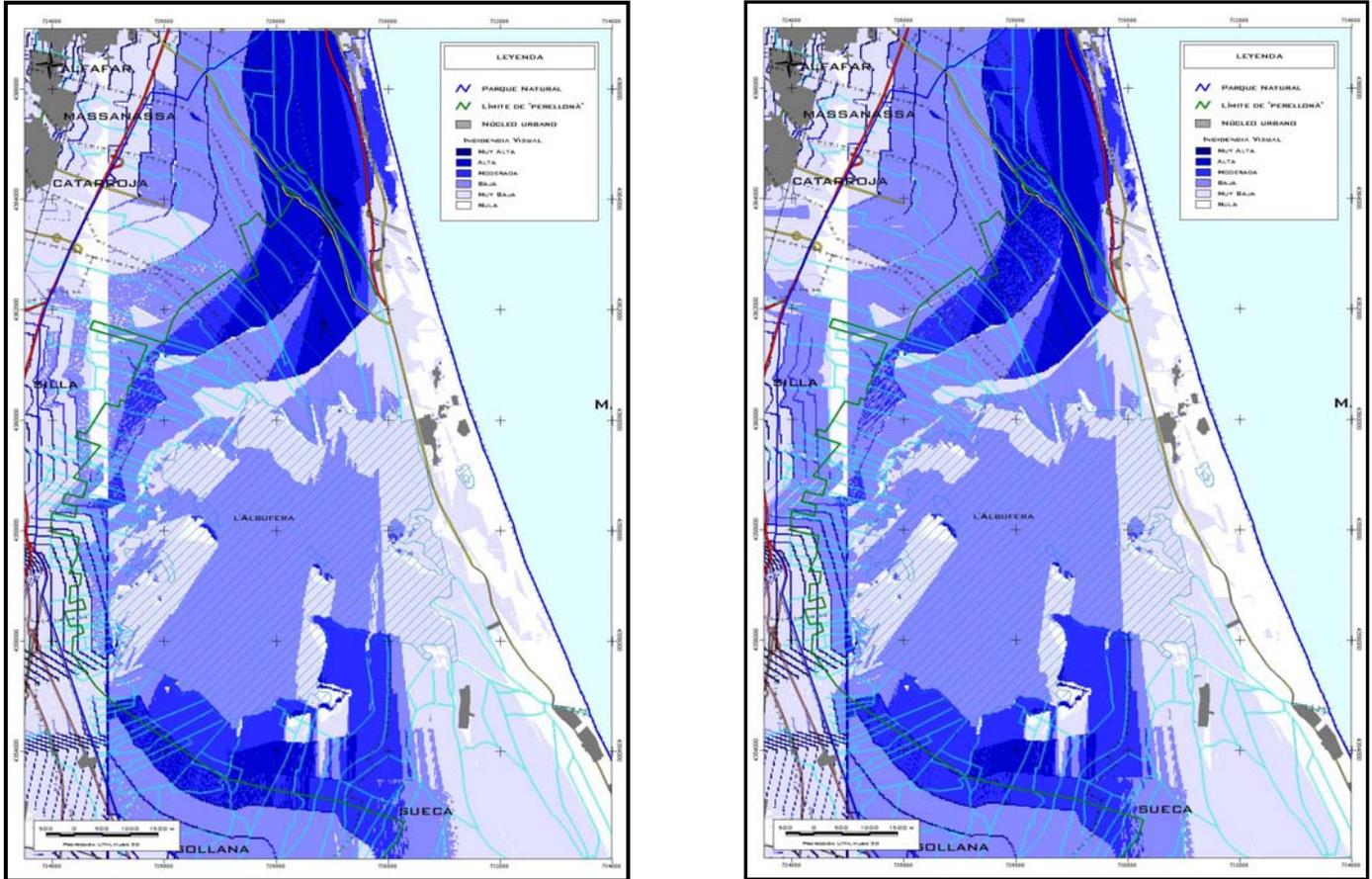


Fig. 8. Visibilidad desde las carreteras sin pantallas (izquierda) y con pantallas (derecha). El mapa tiene en cuenta los índices IMD de las carreteras analizadas

Así, son principalmente la Autovía del Saler CV-5010 y el tramo inicial de la CV-401 los tramos donde se da una incidencia mayor. Las reducciones, a pesar de la dificultad que entraña distinguir ambas imágenes, son notables en términos cuantitativos, lo que avala la utilización de pantallas para la reducción de la incidencia visual siempre que se garantice o no comprometa la seguridad vial en unas vías que son utilizadas al cabo del año por miles de usuarios.

DISCUSIÓN:

La tecnología SIG ha probado ser de gran utilidad a la hora de abordar el problema de la contaminación lumínica en la zona de estudio. Dicho trabajo plantea la necesidad de disponer de cartografía digital de muy diversa índole para abordar numerosos estudios ambientales en el ámbito de la Comunidad Valenciana. Si bien, se valora como positiva la evolución de dicha disponibilidad de fuentes de información temática en formato digital, la cartografía está actualmente dispersa y adolece de coherencia y, en muchos casos no cumple los estándares internacionales al respecto, lo que limita las posibilidades de utilización.

Los mapas temáticos obtenidos han permitido un mejor diseño de las medidas correctoras para atenuar los efectos de la contaminación lumínica en un espacio natural protegido de alto valor ambiental como la Albufera de Valencia y su Devesa. Asimismo la metodología empleada ha resultado de gran interés para modelizar un fenómeno tan complejo como la contaminación lumínica.

Futuras aplicaciones podrían estudiar la posibilidad de medir de forma directa para el conjunto de la superficie la iluminancia -sin necesidad de interpolación mediante técnicas de teledetección espacial-, si bien las actualmente disponibles, especialmente imágenes nocturnas como las requeridas, carecen de la resolución espacial adecuada para abordar este tipo de estudios.

BIBLIOGRAFIA:

ESRI (1998) Grid command references. Environmental Systems Research Institute. Redlands, California.

Wilson, J. P. y Gallant, J. C. (2000a). Digital Terrain Analysis. En: Terrain Analysis. Principles and Applications. (Wilson, J. P. y Gallant, J. C., eds.). John Wiley & Sons. New York. Pp. 1-27.