



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

FACULTAD DE CIENCIAS

Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada

TESIS DOCTORAL

**Desarrollo de una metodología para la
caracterización, evaluación y gestión de los
recursos de la geodiversidad**

VIOLA MARIA BRUSCHI

Santander, junio 2007

Capítulo 4

Integración de los valores intangibles de la geodiversidad en los procesos de evaluación ambiental

4.1.- INTRODUCCIÓN

4.2.- INCORPORACIÓN DE LOS LIG Y DEL PAISAJE VISUAL EN LA EIA

4.2.1.- Incorporación de los lugares de interés geológico en la EIA

4.2.2.- Incorporación del paisaje visual en la EIA

4.3.- INCORPORACIÓN DEL PAISAJE VISUAL EN LA PLANIFICACIÓN DE EXPLOTACIONES MINERAS

4.4.- COMENTARIO FINAL

4.1.- INTRODUCCIÓN

En el capítulo 3 se han presentado los procedimientos desarrollados para la evaluación de los LIG, así como los resultados obtenidos a través de la aplicación de los mismos. Los LIG constituyen una evidente realidad física, pero su interés se basa en valores intangibles, tales como la “calidad intrínseca” o “potencial de uso” que, por su propia naturaleza, son de apreciación subjetiva. Ese carácter intangible del valor de los LIG dificulta la integración de dichos elementos de la geodiversidad en los procesos de evaluación ambiental, tales como la EIA o los planes de usos del territorio. Lo mismo ocurre con otros valores intangibles de la geodiversidad, como es el caso del paisaje visual. Por ello, el objetivo de esta parte del trabajo es la búsqueda de parámetros medibles, que sirvan para reflejar adecuadamente esos valores intangibles y, al mismo tiempo, para expresar en términos cuantitativos los cambios que puedan experimentar como consecuencia de las actuaciones humanas.

En lo que sigue, se presentan una serie de propuestas metodológicas, que se han elaborado con el fin de crear instrumentos operativos que permitan la incorporación de dichos valores intangibles en diferentes tipos de evaluaciones ambientales. Los métodos que se presentan y sus correspondientes aplicaciones se refieren a los lugares de interés geológico y al paisaje visual.

4.2.- INCORPORACIÓN DE LOS LIG Y DEL PAISAJE VISUAL EN LA EIA

En el caso de la evaluación de impactos ambientales, el marco general que se propone para la integración de los impactos sobre cada uno de los factores geomorfológicos a considerar ha sido descrito con anterioridad (Bonachea et al., 2005). Dicho procedimiento incluye los siguientes pasos:

- Descripción de la naturaleza del proyecto a realizar y de la zona de estudio; identificación de los objetivos perseguidos y de las preocupaciones ambientales (“goals and concerns”).
- Modelo conceptual de interacciones; identificación de los impactos geomorfológicos potenciales.
- Selección de criterios que permitan reflejar las interacciones y de parámetros que expresen los mismos.
- Establecimiento de criterios de “geomorphic performance” (que, con una traducción libre, se podría denominar “eficiencia o sostenibilidad geomorfológica”) que permitan establecer la importancia relativa de los cambios con respecto a la situación existente.
- Traducción de los cambios geomorfológicos a términos significativos, tanto para facilitar la comprensión de la importancia de los mismos por parte de no especialistas, como para hacer posible la integración con otros tipos de impactos.

➤ Establecimiento de procedimientos de medida y de predicción de cambios.

Para cada uno de los impactos geomorfológicos a analizar, se propone tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Naturaleza de los impactos
- Indicadores para medirlos
- Criterios de “geomorphic performance”
- Datos necesarios y aplicación del procedimiento
- Traducción a términos significativos
- Herramientas a utilizar
- Posibles medidas de mitigación o de compensación

A continuación se desarrollan de manera breve los aspectos generales de la aplicación de la metodología descrita al análisis de un caso concreto, la EIA de una autopista en el valle del Deva (Guipúzcoa). Posteriormente se describen con detalle los métodos y herramientas específicamente desarrollados y aplicados en relación con la incorporación de los LIG y del paisaje visual al procedimiento general.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y DEL PROYECTO

El área de estudio se ubica en Guipúzcoa, en el valle del Río Deva, entre las ciudades de Mondragón (Arrasate) y Eibar (ANEXO 3-II; Figura 4.1), con una superficie aproximada de 190 km² y una población de 80.000 habitantes. Desde el punto de vista litológico, el área está caracterizada principalmente por materiales calcáreos del Cretácico superior. La geomorfología está dominada por valles en “V” con llanuras aluviales poco desarrolladas. El paisaje está fuertemente modificado y alterado por actividades humanas; sólo el 16% de la superficie está ocupada por vegetación natural, y únicamente una pequeña parte de ésta es arbolado autóctono (Tamés et al, 1991). Debido a la fisiografía que caracteriza el área de estudio, las actividades industriales y de servicios se han desarrollado en los fondos de los valles, que se encuentran bastante degradados; son muy escasas las zonas naturales bien conservadas, aunque se conservan amplios espacios rurales con buena calidad visual.

El proyecto para el cual se ha elaborado el análisis de impactos ambientales se refiere a la construcción de un tramo de autopista entre las ciudades de Vitoria y Eibar. Los objetivos (“goals”) que se querían alcanzar con este proyecto se refieren principalmente a la mejora del desarrollo económico, por medio del aumento de la capacidad del tráfico, de la reducción de los tiempos de viaje y de los costes asociados. Por otra parte, se deseaba reducir la densidad del tráfico de la Carretera Nacional I, disminuir las muertes y daños producidos por accidentes de tráfico y, mejorar las condiciones ambientales de los núcleos urbanos cercanos a esa vía de comunicación.

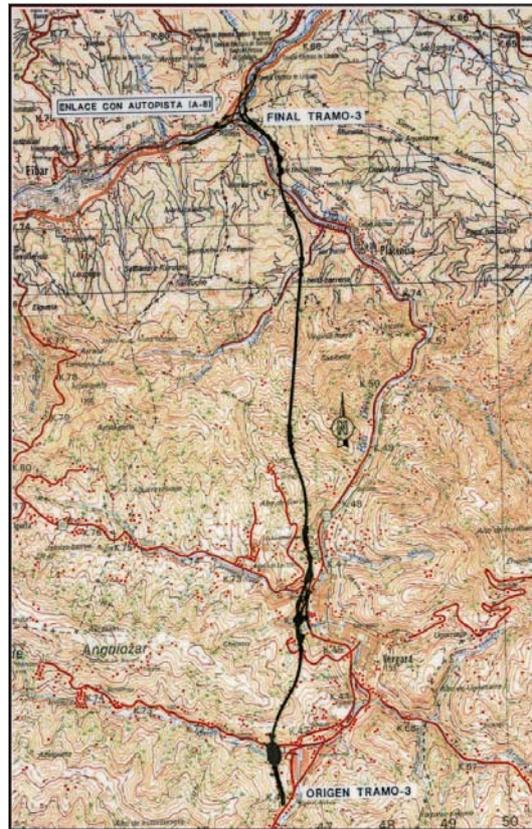


Figura 4.1.- Mapa de la zona de estudio de Guipúzcoa.

Las principales preocupaciones (“concerns”) sobre las consecuencias ambientales de construcción de dicho tramo de autopista se relacionan con el aumento del tráfico que, a su vez, implica un incremento del ruido y de la contaminación del aire y agua, lo que tiene implicaciones para la salud y la calidad de los ecosistemas. La autopista representa también una barrera que interrumpe las comunicaciones entre ambos lados del valle. Desde el punto de vista que nos interesa aquí, la nueva estructura puede disminuir la calidad visual del entorno, o dar lugar a la degradación de bienes tales como unidades de alta productividad o de alto valor natural (como los LIG).

MODELO CONCEPTUAL

En la Figura 4.2a se presenta el modelo conceptual general que ilustra las interacciones entre las acciones que implican la realización del proyecto y los distintos factores a considerar. Dicho modelo se ha descrito en un trabajo anterior (Bonachea et al., 2005) y no se detalla aquí. La figura muestra los distintos niveles considerados en la cadena de impactos (las interacciones más importantes relativas a los “concerns” antes formulados se han resaltado en el diagrama). Una de dichas interacciones se refiere a “land resources”, que incluyen: recursos consumibles (materiales geológicos), unidades del territorio con alta productividad o de alto valor natural, unidades con alto potencial de uso y LIG. Otra interacción es la que afecta a la calidad visual del paisaje. En las Figuras 4.2b y 4.2c, se presenta una modificación simplificada del modelo conceptual

anterior, referido a esos dos tipos de elementos. Una de dichas figuras ilustra las interacciones durante la fase de construcción de la obra y la otra durante la fase de funcionamiento normal de la autopista.

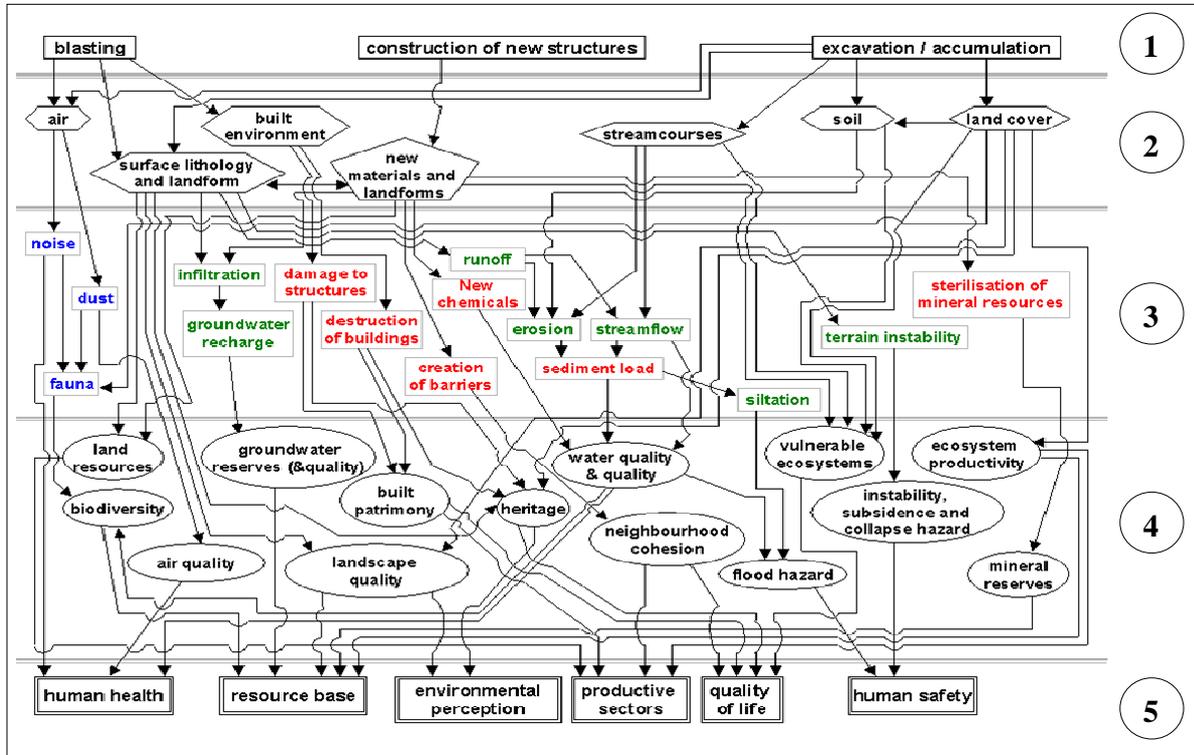


Figura 4.2a.- Conceptual diagram for identification of potential impacts (only part of the activities corresponding to the construction phase are represented). Levels show in circles. 1: activities; 2: direct effects on environmental components; 3: secondary effects (processes bold; human actions and influences in italics; elements underlined); 4: significant qualities (impacts analysed are shaded); 5: relationships with concerns (Reproducido de Bonachea et al., 2005).

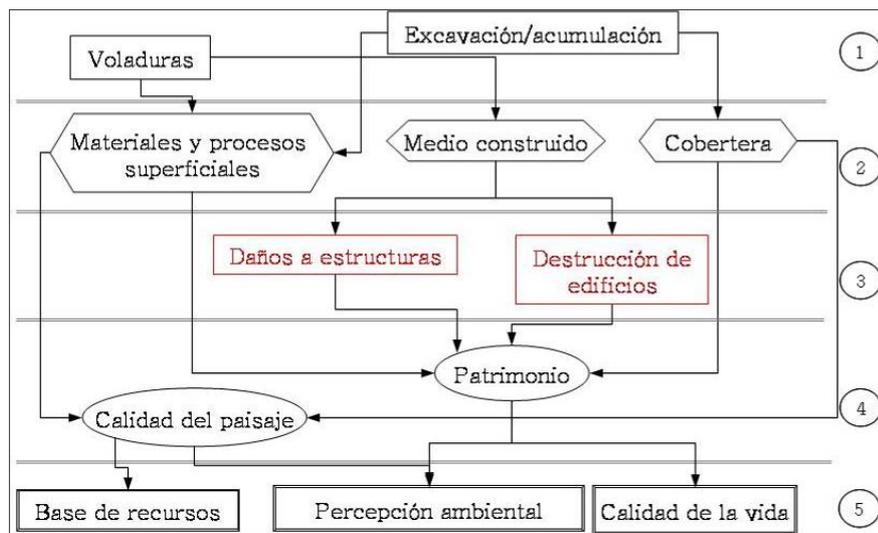


Figura 4.2b.- Modelo conceptual correspondiente a la fase de construcción de la obra. 1, 2, 3, 4, y 5 tienen el mismo significado que en la Figura 4.2a (a partir de Bonachea et al., 2005).

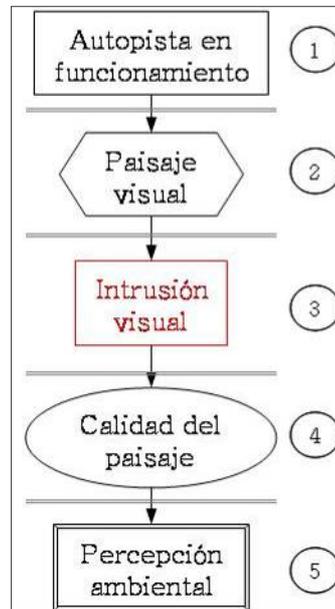


Figura 4.2c.- Modelo conceptual correspondiente a la fase de funcionamiento normal de la autopista. 1, 2, 3, 4, y 5 tienen el mismo significado que en la Figura 4.2a (a partir de Bonachea et al., 2005).

Para el análisis de los impactos se han considerado dos aspectos: “geomorphic performance” (eficiencia o sostenibilidad desde el punto de vista del funcionamiento de los procesos o del mantenimiento de los rasgos geomorfológicos) y su traducción a términos significativos. Una medida de la “performance” es la magnitud de la modificación introducida comparada con las condiciones naturales de las características geomorfológicas. Si únicamente una pequeña parte de las unidades geomorfológicas resultan afectadas, si la magnitud de los cambios en dichas unidades es limitada, o si la modificación de los procesos es marginal y las funciones del sistema no se ven afectadas, entonces la “geomorphic performance” será satisfactoria. Pero además, como se ha comentado anteriormente, es necesario traducir el impacto a términos que sean significativos, que den una idea de la relevancia de los cambios geomorfológicos experimentados y que permitan la integración con otro tipo de impactos.

A continuación se presentan los procedimientos y resultados del análisis sobre los dos factores que son objeto de esta memoria: LIG y paisaje visual.

4.2.1.- Incorporación de los lugares de interés geológico en la EIA

Los resultados presentados en el Capítulo 3 muestran que es posible establecer escalas de valor de los LIG que expresen en términos numéricos tanto la calidad de un lugar en su conjunto como la de cada una de las características que contribuyen a dicha calidad. Esto facilita grandemente la incorporación de los LIG en los procesos de EIA,

puesto que permite cuantificar las modificaciones que esos elementos de la geodiversidad pueden experimentar como consecuencia de distintas alternativas de actuación.

Naturaleza de los impactos. En lo que se refiere a los impactos producidos sobre los lugares de interés geológico, se ha considerado su carácter de recurso no renovable. La total destrucción de un LIG representa el impacto directo teórico máximo posible. También es posible un impacto directo parcial, cuando solamente una parte del LIG sea destruida. Por otro lado, la construcción de una autopista cerca de un LIG puede producir impactos indirectos, al afectar a rasgos que influyen en el valor total del mismo, como por ejemplo, la reducción de la visibilidad y/o de la accesibilidad.

Indicadores. La importancia de los impactos puede por tanto expresarse sobre la base del número relativo y/o absoluto de lugares afectados por la nueva estructura; o bien por la diferencia entre el valor de los LIG antes y después de la construcción de la nueva obra.

Criterios de “geomorphic performance”. La “geomorphic performance” puede expresarse como la capacidad que tienen los LIG de la zona para seguir proporcionando los servicios de la geodiversidad, después de la construcción de la nueva obra; si dicha capacidad se mantiene, la situación puede considerarse sostenible. La evaluación de la relevancia del daño ocasionado a los lugares de interés geológico por la construcción de una nueva obra se puede abordar a través de la comparación con otros lugares similares que se consideren socialmente útiles, socialmente valiosos y que pueden ser utilizados cómo estándar.

Datos necesarios y aplicación del procedimiento. El procedimiento seguido para la evaluación del impacto sobre los LIG se basa en la comparación entre el valor de cada LIG antes de la construcción de la autopista y su correspondiente valor después de la construcción de la obra.

Los datos necesarios para el análisis de los impactos incluyen el mapa de lugares de interés geológico presentes en la zona de estudio, la base de datos asociada a dicho mapa con los parámetros descriptivos de los lugares, la información inherente a la planimetría (carreteras y edificios) y la información sobre núcleos urbanos y habitantes. Para el análisis de los impactos sobre los LIG es importante disponer no solamente de la ubicación y descripción de éstos, sino también de los valores correspondientes a las tres cualidades comentadas en el capítulo 3 (apartado 3.2.2): valor intrínseco, potencial de uso, grado de amenaza. Dichos datos serían especialmente útiles si se expresaran por medio de indicadores claros, sencillos y medibles, que estén recogidos en los inventarios o catálogos ya elaborados. Por último, para que el proceso no sea excesivamente complejo, conviene que el número de indicadores a utilizar no sea muy grande.

En la Figura 4.3 se muestra la ubicación de cada lugar de interés geológico en el área de estudio, junto con las dos posibles trazas alternativas del tramo de autopista. Para el cálculo del valor de cada LIG antes de la construcción de la autopista se utiliza la metodología explicada y desarrollada en el apartado 3.2.4. En la Tabla 4.1 se muestran los valores de los indicadores utilizados, para cada LIG, así como el valor final (valores referidos a la situación pre-proyecto) de cada uno de éstos.

La fase siguiente es la determinación del valor de cada LIG después de la construcción de la nueva autopista. Para ello, se han considerado tres áreas de influencia

de la obra correspondientes a 50, 100 y 150 metros desde el eje central de la misma. De esta manera, se considera que en la franja correspondiente a los 50 metros el daño ocasionado al LIG será máximo; es decir, se considera la pérdida total del lugar de interés. El daño provocado a algunos parámetros de los lugares que se encuentran en las franjas más alejadas corresponderá, respectivamente, al 50%, para la franja entre 50 y 100m, el 25% para la franja entre 100 y 150m y 0% para los lugares que se encuentran a más de 150 metros desde el eje de la autopista.

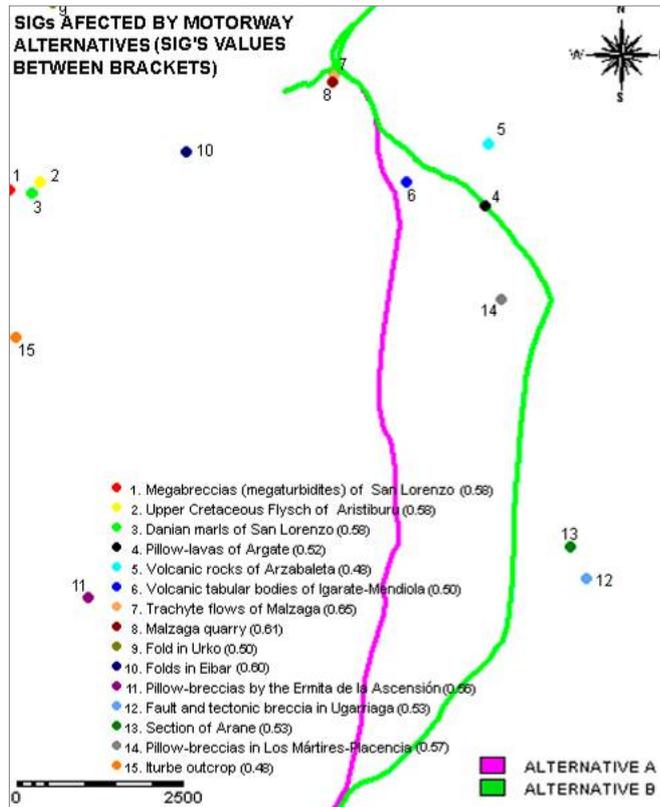


Figura 4.3.- Ubicación de los LIG en la zona de estudio junto con las dos trazas alternativas del tramo de autopista (Bonachea et al., 2005).

En las Tablas 4.2a y 4.2b se muestran los valores de calidad de los LIG calculados para la situación después de la construcción de las dos posibles alternativas. La Tabla 4.3 resume los cambios de valor de los LIG individuales, así como del conjunto de los mismos, para las dos alternativas analizadas. Como se puede apreciar, sólo el LIG con identificador 4 se considera totalmente destruido, mientras que el lugar con identificador 7 se considera parcialmente dañado.

Para calcular el impacto total producido por la construcción de la nueva autopista se han comparado los promedios de los valores de calidad de los LIG antes de la obra con los obtenidos después de la obra para las dos alternativas. La expresión numérica utilizada es la siguiente:

$$I_{LIG} = V_{LIG} (\text{post}) - V_{LIG} (\text{pre})$$

Donde:

I_{LIG} = impacto total sobre los LIG

$V_{LIG} (\text{post})$ = valor promedio de los LIG después de la construcción de la autopista

$V_{LIG} (\text{pre})$ = valor promedio de los LIG antes de la construcción de la autopista

Aplicando la anterior relación a los valores que se muestran en las Tablas 4.2a y 4.2b se obtienen los valores de impactos para las dos alternativas, como sigue:

Alternativa A: $I_{TLIG} (A) = 0,52 - 0,55 = - 0,03$

Alternativa B: $I_{TLIG} (B) = 0,49 - 0,55 = - 0,06$

Como se puede apreciar, el impacto producido por la alternativa B es mayor que el de la alternativa A. Estos valores son útiles para poner de manifiesto las variaciones y modificaciones que cada lugar de interés geológico podría experimentar y, además, son muy adecuados para comparar alternativas en la fase de toma de decisiones. Sin embargo, resultados como los obtenidos no proporcionan una idea clara de lo que realmente se está perdiendo en términos geomorfológicos o en el marco natural más general.

Tabla 4.1.- Valores de los indicadores utilizados, para cada uno de los LIG (SGI en la tabla), y valor final de cada punto, V_{SGI} (Esta tabla es la exacta reproducción de la tabla 3.6 presentada en el capítulo 3).

SGI	A	E	K	Ex	D	Ac	O	S	H	Acc	C	Q	P	V_{SGI}
1	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,00	3,00	0,58
2	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,00	3,00	0,58
3	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,00	3,00	0,58
4	0,80	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,00	0,80	0,60	0,20	4,00	2,20	1,80	0,52
5	0,80	0,40	0,40	0,40	0,20	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	4,00	2,20	1,40	0,48
6	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,20	0,40	0,80	0,60	0,00	4,00	2,00	2,00	0,50
7	0,80	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,40	3,00	0,65
8	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,40	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,00	3,40	0,61
9	0,60	0,40	0,40	0,40	0,00	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	1,80	2,40	0,50
10	0,60	0,40	0,40	0,40	0,60	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,40	2,40	0,60
11	0,60	0,40	0,20	0,40	0,60	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,20	2,40	0,56
12	0,80	0,40	0,20	0,40	0,20	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,00	2,40	0,53
13	0,80	0,40	0,20	0,40	0,00	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,00	2,40	0,53
14	0,60	0,40	0,20	0,40	0,60	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,20	2,40	0,57
15	0,80	0,40	0,20	0,40	0,00	0,00	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	1,80	2,20	0,48

Traducción a términos significativos. La relevancia del impacto se puede determinar considerando que la capacidad de los LIG para seguir proporcionando los servicios de la geodiversidad puede expresarse a través del valor promedio de los valores de los mismos. La reducción de dicho valor puede así utilizarse como una “medida de la sostenibilidad” La Tabla 4.4 muestra que la alternativa A implica una pérdida del 5,45%

y la B del 10,9%. Esto es, la alternativa A implica menor pérdida de la geodiversidad y, en consecuencia, representa la alternativa más sostenible.

Una segunda posibilidad de medir la relevancia del impacto es, como ya se ha comentado, comparar los resultados obtenidos con los que se obtendrían para la destrucción de un elemento de interés geológico ampliamente conocido y socialmente valorado y que se utiliza como estándar. El elemento elegido para la comparación ha sido el “Ratón de Guetaria” (Figura 4.4), un rasgo emblemático del litoral guipuzcoano para el cual se ha obtenido (aplicando el procedimiento anterior) un valor de calidad de 0,86. La pérdida absoluta del valor para las alternativas A y B sería respectivamente 0,35 y 0,87 (Tabla 4.3). Ésta última equivaldría a la total destrucción del “Ratón de Guetaria”, mientras que para la alternativa A la pérdida hipotética sería algo más de un tercio del valor de dicho LIG emblemático.

Tabla 4.2a.- Valores de los indicadores utilizados, para cada uno de los LIG (SGI en la tabla), y valor final de cada punto después de la construcción de la alternativa A, $V_{SGI (post A)}$. Se resaltan en gris claro las variaciones de los valores del lugar de interés número 7 que resulta afectado por la alternativa A.

SGI	A	E	K	Ex	D	Ac	O	S	H	Acc	C	Q	P	$V_{SGI (post A)}$
1	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,00	3,00	0,58
2	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,00	3,00	0,58
3	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,00	3,00	0,58
4	0,80	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,00	0,80	0,60	0,20	4,00	2,20	1,80	0,52
5	0,80	0,40	0,40	0,40	0,20	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	4,00	2,20	1,40	0,48
6	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,20	0,40	0,80	0,60	0,00	4,00	2,00	2,00	0,50
7	0,80	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00	0,80	0,80	0,60	0,80	2,00	2,40	3,00	0,30
8	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,40	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,00	3,40	0,61
9	0,60	0,40	0,40	0,40	0,00	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	1,80	2,40	0,50
10	0,60	0,40	0,40	0,40	0,60	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,40	2,40	0,60
11	0,60	0,40	0,20	0,40	0,60	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,20	2,40	0,56
12	0,80	0,40	0,20	0,40	0,20	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,00	2,40	0,53
13	0,80	0,40	0,20	0,40	0,00	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,00	2,40	0,53
14	0,60	0,40	0,20	0,40	0,60	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,20	2,40	0,57
15	0,80	0,40	0,20	0,40	0,00	0,00	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	1,80	2,20	0,48

Naturalmente, los procedimientos descritos para determinar la relevancia de los impactos producidos difícilmente pueden expresar la “pérdida de sostenibilidad” de manera absoluta. Sin embargo, sí que permitan expresar, de manera bastante satisfactoria, la variación relativa de la misma, utilizando patrones que hacen posibles las comparaciones en términos numéricos. En el caso que aquí se presenta, ambos procedimientos muestran que la alternativa B representa una mayor reducción de la capacidad de los LIG para proporcionar los servicios de la geodiversidad.

La traducción de los impactos antes calculados en función de la relevancia geomorfológica a términos significativos para no especialistas, permite que los expertos de otros campos, los responsables de la toma de decisiones o el público en general adquieran una noción más clara de la trascendencia de los mismos. Esto también facilita la integración de impactos de muy diversa naturaleza, con el fin de obtener los impactos totales de las distintas alternativas consideradas.



Figura 4.4.- Ratón de Guetaria.

El procedimiento de traducción que aquí se propone se basa en la expresión de los impactos en términos monetarios. Dicho de otro modo, se ha intentado buscar la forma de asignar valor económico a esos servicios de la geodiversidad. El criterio aplicado se ha basado en la comparación del valor que expresa la relevancia geomorfológica (V_{LIG}) con algún valor monetario real que se pueda relacionar con el mismo. Ese valor monetario ha sido el gasto real producido para la restauración de ciertos LIG. Esto es, se interpreta que dicho gasto es una expresión del valor que la sociedad atribuye a esos lugares, puesto que estima conveniente (a través de los órganos de representación y gobierno correspondientes) dedicar esos recursos económicos a su recuperación.

Se han tomado como término de comparación dos LIG, uno en Vizcaya (zona minera de Somorrostro; Figura 4.5) y otro en Cantabria (Karst de Cabárceno; Figura 4.6) con unos valores de calidad respectivamente de $V_{LIG}=0,5$ y $V_{LIG}=0,9$. El presupuesto total de las obras de rehabilitación y acondicionamiento fue, respectivamente de 3×10^6 € y 12×10^6 €. Hay que tener en cuenta, no obstante, que en el segundo caso una parte de dicho presupuesto corresponde a actuaciones no relacionadas con el LIG como tal, por lo que el costo correspondiente a la rehabilitación del LIG como tal es inferior a esa cifra. Sobre la base de los valores citados se ha considerado que un hipotético lugar con $V_{LIG}=1$ representaría un valor de 9×10^6 €. Se insiste en el hecho de que, si bien el citado valor monetario no corresponde a un valor real de mercado, sí que se basa en un gasto social real.

Tabla 4.2b.- Valores de los indicadores utilizados, para cada uno de los LIG (SGI en la tabla), y valor final de cada punto después de la construcción de la alternativa B $V_{SGI (post B)}$. Se resaltan en gris claro las variaciones de los valores de los lugares de interés números 4 y 7, que se ven afectados por la alternativa B.

SGI	A	E	K	Ex	D	Ac	O	S	H	Acc	C	Q	P	$V_{SGI (post B)}$
1	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,00	3,00	0,58
2	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,00	3,00	0,58
3	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,00	3,00	0,58
4	0,80	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,00	0,80	0,60	0,20	0	2,20	1,80	0
5	0,80	0,40	0,40	0,40	0,20	0,00	0,00	0,80	0,60	0,00	4,00	2,20	1,40	0,48
6	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,20	0,40	0,80	0,60	0,00	4,00	2,00	2,00	0,50
7	0,80	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00	0,80	0,80	0,60	0,80	2,00	2,40	3,00	0,30
8	0,80	0,40	0,40	0,40	0,00	0,40	0,80	0,80	0,60	0,80	4,00	2,00	3,40	0,61
9	0,60	0,40	0,40	0,40	0,00	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	1,80	2,40	0,50
10	0,60	0,40	0,40	0,40	0,60	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,40	2,40	0,60
11	0,60	0,40	0,20	0,40	0,60	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,20	2,40	0,56
12	0,80	0,40	0,20	0,40	0,20	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,00	2,40	0,53
13	0,80	0,40	0,20	0,40	0,00	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,00	2,40	0,53
14	0,60	0,40	0,20	0,40	0,60	0,20	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	2,20	2,40	0,57
15	0,80	0,40	0,20	0,40	0,00	0,00	0,40	0,80	0,60	0,40	4,00	1,80	2,20	0,48

Tabla 4.3.- Variación de los valores de los LIG (SGI en la tabla) en el caso de las dos alternativas.

SGI	$V_{SGI (pre)}$	$V_{SGI (post A)}$	$V_{SGI (post B)}$
1	0,58	0,58	0,58
2	0,58	0,58	0,58
3	0,58	0,58	0,58
4	0,52	0,52	0
5	0,48	0,48	0,48
6	0,50	0,50	0,50
7	0,65	0,30	0,30
8	0,61	0,61	0,61
9	0,50	0,50	0,50
10	0,60	0,60	0,60
11	0,56	0,56	0,56
12	0,53	0,53	0,53
13	0,53	0,53	0,53
14	0,57	0,57	0,57
15	0,48	0,48	0,48
Valor promedio	0,55	0,52	0,49
Valor absoluto	8,27	7,92	7,40

Tabla 4.4.- Comparación entre trazados alternativos.

Alternativa	Nº LIG afectado	Pérdida en la zona de estudio
A	1	5,45%
B	2	10,9%

Partiendo de lo anterior, la traducción del impacto a términos significativos resulta bastante sencilla.

$$\begin{array}{ll} \text{Alternativa A:} & I_{LIG} = 0,31 \times 9 \times 10^6 = 2,79 \times 10^6 \text{ €} \\ \text{Alternativa B.} & I_{LIG} = (0,31 + 0,52) \times 9 \times 10^6 = 7,47 \times 10^6 \text{ €} \end{array}$$

La expresión cartográfica de dichos impactos en términos significativos es inmediata y da lugar, como es lógico, a una representación muy simple (Figura 4.7). Esta representación no sería precisa si solo se analizara este impacto, pero es necesaria, para su integración con los otros impactos analizados.



Figura 4.5.- Zona minera de Somorrostro utilizada como término de comparación.



Figura 4.6.- Kárst de Cabárceno, lugar de interés utilizado como término de comparación.



Figura 4.7.- Mapa del impacto sobre los LIG expresado en términos económicos (€) para las dos alternativas de la autopista: Alternativa A (izquierda), Alternativa B (derecha).

Herramientas. Las herramientas necesarias para aplicar el procedimiento descrito son muy simples, se limitan a las normales aplicaciones de sistemas de información geográfica como por ejemplo el ArcGIS, utilizado en este caso concreto.

Medidas de mitigación o de compensación. Una vez identificados y valorados los potenciales impactos producidos por una actuación, el paso siguiente es la identificación de las posibles medidas de mitigación y/o compensación de los mismos. En el caso descrito, la única posible medida de mitigación, en sentido estricto, es evitar la destrucción de los LIG afectados, para lo cual se debería modificar el trazado del tramo de autopista. Este tipo de opción sería aconsejable solamente en el caso de LIG de gran interés. En otras circunstancias, como la que corresponde a este caso de estudio, se pueden plantear otras estrategias, a través de medidas de compensación. Dichas medidas pueden consistir en la mejora de otra serie de LIG del entorno, de modo que aumente el valor de cada uno de ellos y, por consiguiente, su valor promedio. Se tendría así que dicho valor promedio podría aumentar, a pesar de que alguno de los LIG experimente deterioro. En resumen, la capacidad de los LIG del área de estudio para proporcionar los servicios de la geodiversidad (ver apartado 3.1) podría aumentar, lo que representaría un impacto total positivo (en relación con ese factor).

En concreto y para la zona de estudio, se podrían mejorar las condiciones de accesibilidad para los LIG 5, 12 y 3. Para los números 4, 6 y 14 se podrían mejorar las condiciones de visibilidad y el grado de conservación. Los efectos de la aplicación de dichas medidas de mitigación implicarían una variación del valor promedio de los LIG desde 0,55 antes de la construcción de la nueva autopista, hasta 0,58 tras su

construcción, compensando con creces las pérdidas causadas por la alternativa A o la disminución hasta la mitad de los efectos producidos por la alternativa B.

4.2.2.- Incorporación del paisaje visual en la EIA

En este apartado se considera la incorporación de la evaluación de los impactos visuales sobre el paisaje, producidos por la construcción de la autopista cuyas características se han descrito en el apartado anterior. El paisaje, considerado desde el punto de vista estético o de la satisfacción que se obtiene a través de su percepción, representa un valor ambiental de interés innegable y conocido. Sin embargo, dicho valor es de naturaleza aún más intangible que el de los LIG anteriormente analizados. La evaluación y “medición” de los efectos provocados por el hombre sobre ese rasgo de la geodiversidad (y sobre el importante servicio ambiental que proporciona) ha de tener en cuenta, por un lado, la calidad del mismo y, por otro lado, el “grado”, “importancia”, “magnitud”, “intensidad”, etc. de las modificaciones producidas.

La calidad visual de una unidad paisajística se puede definir como el mérito intrínseco de la misma desde el punto de vista de la percepción (Escribano y Martínez, 1989; Canter, 1996; Cancr, 1999; Daniel, 2001; Bonachea et al., 2005). De la misma forma, la fragilidad visual se puede describir como la sensibilidad de una unidad paisajística hacia la intrusión visual provocada por una actividad humana. Estas dos características fundamentales del paisaje visual dependen de tres principales grupos o conjuntos de factores: la geomorfología (que se refleja en las formas, el relieve, o el tipo de material), la vegetación (que determina en gran medida las texturas y colores), y el uso del suelo (con especial interés hacia elementos particularmente impactantes, como pueden ser estructuras prominentes).

Naturaleza de los impactos. La construcción de una nueva estructura produce una intrusión visual en el paisaje que puede provocar una disminución de la calidad visual de la unidad en la cual se inserta. Dicho impacto visual está directamente relacionado con el grado de visibilidad de la nueva estructura, y con el contraste entre ésta y el paisaje original.

Indicadores. Para calcular el impacto visual (VI) se han utilizado indicadores como el área de visibilidad (VA) que corresponde a la porción de territorio desde la cual es posible ver al menos un sector de una infraestructura, por ejemplo de una autopista; los espectadores potenciales (VP), es decir, el número de personas que viven en la zona de visibilidad de la autopista; la magnitud de los efectos visuales ($Mve = VA \times VP$) y el factor de corrección (Qcf) del impacto que se basa en la calidad visual de la unidad paisajística sujeta a intrusión visual. Este último parámetro, que se explica más adelante, se ha utilizado para la incorporación de la calidad visual del paisaje en la evaluación del impacto.

Criterios de “geomorphic performance”. En el caso del paisaje visual, la “sostenibilidad geomorfológica (*geomorphic performance*)” es un concepto que, desde el punto de vista geomorfológico, resulta menos claro que en el caso anterior de los LIG. Como posibles criterios se han tenido en cuenta el tamaño relativo de la nueva estructura y de estructuras similares pero de tipo natural; también, el grado de visibilidad de ese nuevo elemento y el de otras estructuras artificiales equivalentes. Es evidente que la alternativa

con los valores más bajos corresponde al proyecto que, desde el punto de vista de la conservación del paisaje visual, resulta más sostenible.

Datos necesarios y aplicación del procedimiento. Para la aplicación del procedimiento se han utilizado los siguientes tipos de datos:

- MDE: modelo digital de elevaciones
- Mapa geomorfológico
- Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo
- Datos sobre población y núcleos urbanos

El primer paso ha sido la identificación de las unidades de paisaje visual. Dichas unidades se han definido por medio de la superposición los tres grupos de factores antes mencionados: geomorfología, vegetación y ocupación humana. Se obtienen así unidades “homogéneas” en cuanto a la información contenida (Aguiló et al., 2000). En la Figura 4.8 se muestra el mapa de unidades de paisaje así obtenido.

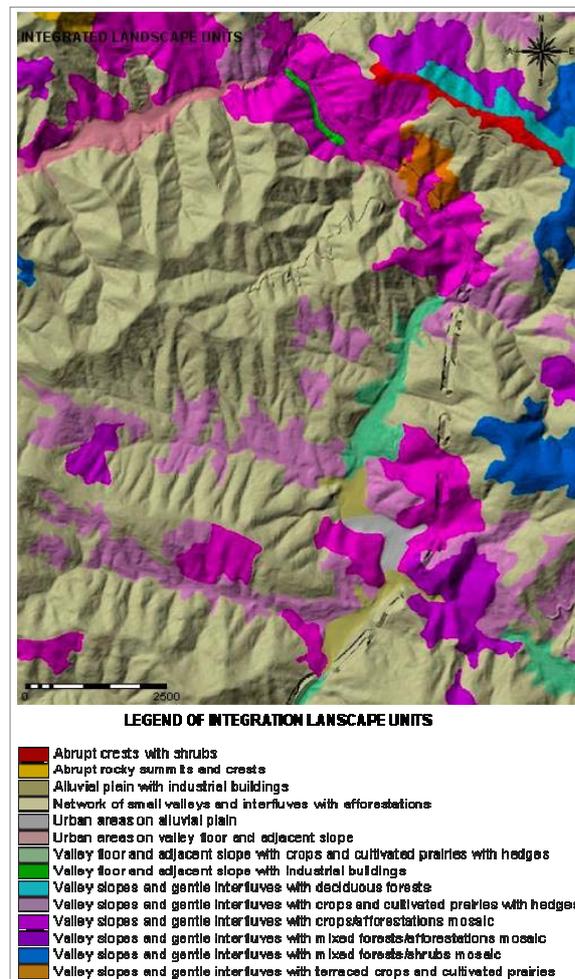


Figura 4.8.- Unidades de paisaje de la zona de estudio (reproducido de Bonachea et al., 2005).

Para la determinación de la calidad visual de dichas unidades, se han establecido 5 niveles de calidad, tanto para vegetación y usos del suelo (“land cover/use”; Tabla 4.5), como para las unidades geomorfológicas (Tabla 4.6). La definición de las clases de calidad visual ha sido elaborada por 11 expertos en diferentes ámbitos de trabajo y buenos conocedores de la zona de estudio. Naturalmente, las clases de calidad visual así obtenidas no tienen carácter “objetivo”, pero facilitan una clasificación de las unidades paisajísticas claramente definida desde el punto de vista visual, y reproducen razonablemente la opinión local.

Tabla 4.5.- Categorías de calidad visual definidas para las unidades ambientales integradas (cobertura del suelo y ocupación humana; reproducido de Bonachea et al., 2005).

ID	Land use-cover unit (V-H)	Visual quality
05	Urban areas	1
06	Industrial	1
08	Cultivated prairies and crops with hedges	2
10	Terraced crops and cultivated prairies	2
13	Shrubs	4
15	Rock	4
19	Afforestations	3
20	Deciduous forests	5
23	Crops / afforestations mosaic	3
24	Crops / forest mosaic	4
25	Forests / afforestations mosaic	4
26	Mixed forests / shrubs mosaic	5

Tabla 4.6.- Categorías de calidad visual definidas para las unidades ambientales integradas (unidades geomorfológicas; reproducido de Bonachea et al., 2005).

ID	Landform unit (M)	Visual quality
02	Alluvial plain	1
03	Valley floor and adjacent slope	2
10	Valley slopes and gentle interfluves	3
11	Abrupt summits and crests	4
12	Network of small valleys and interfluves	5

El paso siguiente ha sido la integración de los valores de calidad visual de las distintas unidades, según las posibles combinaciones que se muestran en la Tabla 4.7 con el fin de obtener un valor único de la calidad visual para cada unidad. En la Figura 4.9 se muestra el mapa de calidad visual así obtenido para la zona de estudio, sobre el que se superponen las trazas de las alternativas A y B de la autopista. Dicha superposición ha dado lugar a la identificación de 20 sectores de autopista con diferente calidad visual del paisaje. Como se ha comentado en la parte descriptiva de la zona de estudio, el área conserva amplias zonas con una buena calidad visual, aunque no existen unidades de calidad visual máxima.

Tabla 4.7.- Tabla para la integración de los valores de calidad visual definidos en las dos tablas anteriores (reproducido de Bonachea et al., 2005).

V-H M	1	2	3	4	5
1	1	1	2	2	3
2	1	2	2	3	3
3	2	2	3	3	4
4	2	3	3	4	5
5	3	3	4	4	5

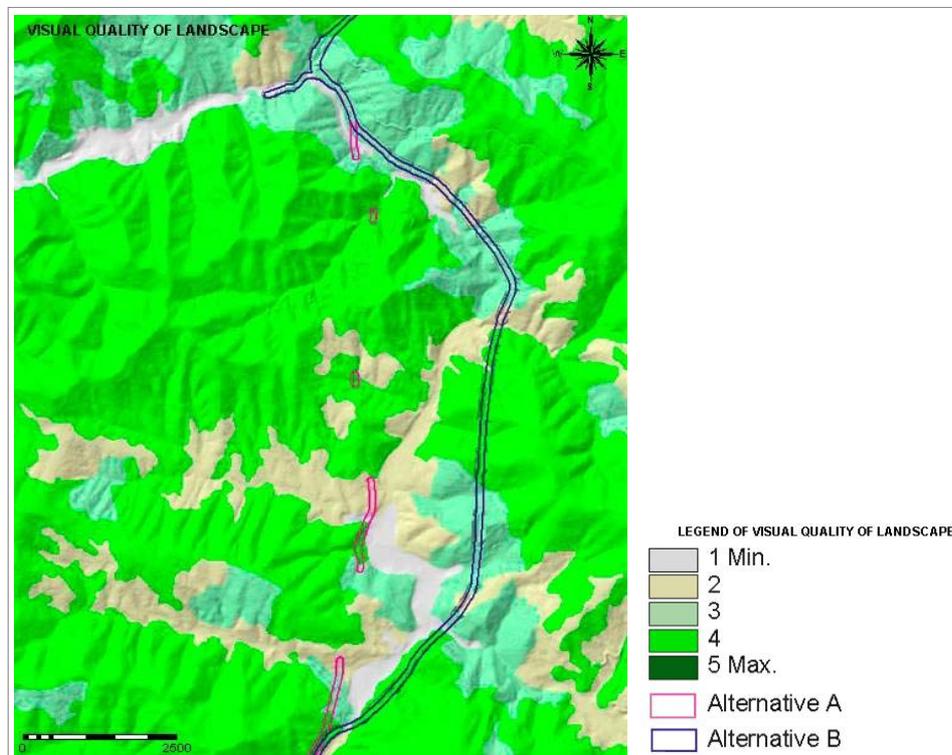


Figura. 4.9.- Calidad visual de las unidades paisajísticas (reproducido de Bonachea et al., 2005).

Como se ha comentado anteriormente, para medir la magnitud de los efectos visuales (MEV) se ha considerado por un lado la superficie desde la cual es visible la autopista (área visible, AV) y, por otro lado, el número de personas que ven la nueva obra (número de espectadores, VP). Por ello, sobre el mapa de calidad visual con la superposición de las dos alternativas, obtenido en la fase anterior, se han tomado en cada traza una serie de puntos a intervalos regulares de 200 m, dentro de los veinte sectores identificado con anterioridad.

Utilizando un SIG (Sistema de Información Geográfica; en este caso el ArcGIS) es posible obtener los mapas de visibilidad de la autopista. Utilizando el modelo digital de elevaciones, se ha determinado el área total (superficie en km²) desde la cual son visibles las dos alternativas de la autopista (Figura 4.10).

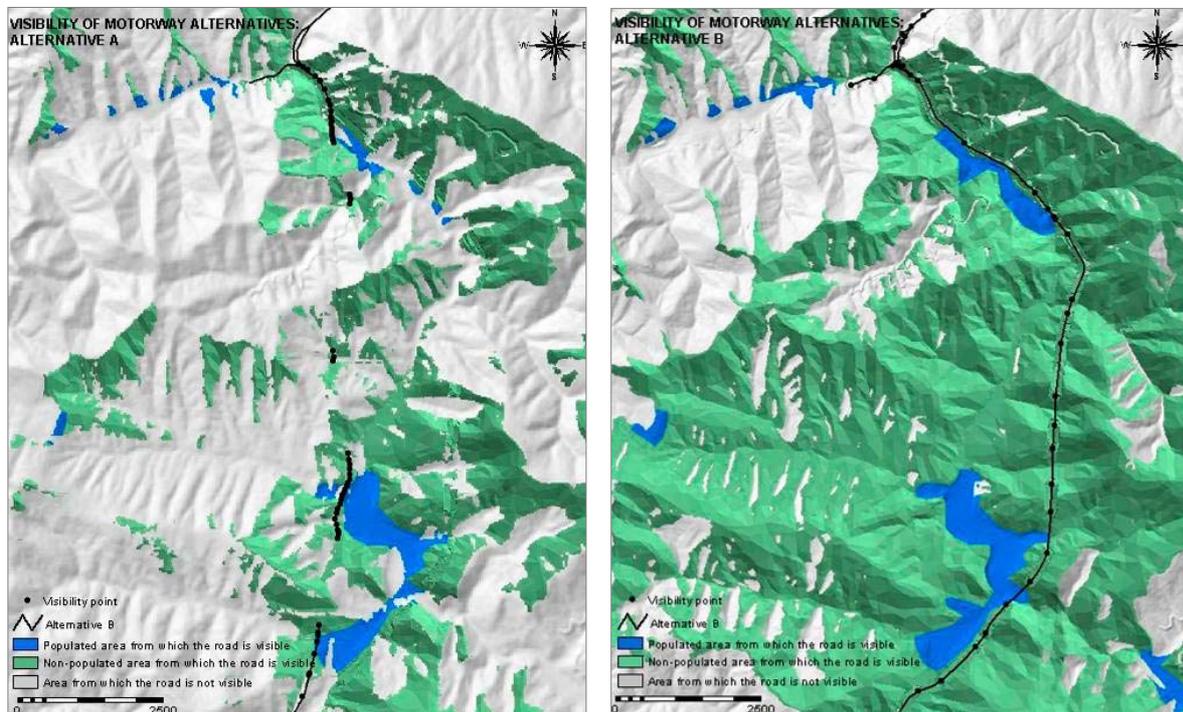


Figura. 4.10.- Visibilidad de las dos alternativas de la autopista. Izquierda: alternativa A; derecha: alternativa B. En verde se representa la superficie desde la cual es visible al menos un sector de, en gris se representa la superficie desde la cual no es visible la autopista y, en azul se muestran las porciones de núcleos urbanos desde los cuales es visible la nueva obra (reproducido de Bonachea et al., 2005).

Para el cálculo de los espectadores afectados (VP) por la construcción de la nueva autopista, se han utilizado los datos relativos a números de habitantes, tanto en zonas rurales como en las zonas urbanas, y las respectivas densidades expresadas en habitantes/píxel en conformidad con el formato de la cartografía digital. En la Tabla 4.8 se presentan los resultados obtenidos para el área total de visibilidad (VA), el número total de espectadores (VP).

Tabla 4.8.- Visibilidad de las dos alternativas (Bonachea et al., 2005).

	Total alternativa		Media de los sectores	
	A	B	A	B
ÁREA DE VISIBILIDAD (VA) - km ²	34,8	54,9	8,37	26,87
ESPECTADORES (VP)- N° personas.	15.581	20.427	318	1.245
MAGNITUD DEL EFECTO VISUAL (MEV)- km ² × personas.	542.218	1.121.442	2.661	33.694

La combinación de los dos datos obtenidos anteriormente, mediante la expresión $MEV = VA \times VP$, facilita una “medida” de la magnitud del efecto visual. Aunque esta expresión numérica no tiene un significado físico real, es un valor objetivo que permite comparar alternativas (se expresa en $km^2 \times habitantes$); además, permite utilizar un valor único de comparación, simplificando el procedimiento. En la citada Tabla 4.8 se facilitan los valores de magnitud del efecto visual obtenido para cada alternativa. Según este procedimiento, dos puntos de la autopista para los cuales los valores de VP y VA sean respectivamente, 2000 espectadores (VP) y 5 km^2 de visibilidad (VA) y, 5000 espectadores (VP) y 2 km^2 de visibilidad (VA), tendrán valores equivalentes de magnitud del efecto visual. Para obtener los datos finales de impacto visual a partir de los valores anteriores, se ha definido una relación lineal entre la calidad visual de las unidades paisajísticas y un factor de corrección denominado “Quality correction factor, Qcf” (Figura 4.11). La idea de fondo es que para una unidad con baja calidad visual, la construcción de una nueva autopista no implica una intrusión visual significativa; por el contrario, para una unidad de muy alta calidad visual, la nueva estructura implica un deterioro visual mucho más importante. Por ello, cuando la calidad visual de una unidad es baja, el impacto visual será bajo, y cuando la calidad visual es alta, el impacto visual también lo será. En la Tabla 4.9 se presentan los valores de impacto visual (VI) para las dos alternativas, obtenidos aplicando el factor de corrección (Qcf). Como se puede apreciar, la alternativa B resulta bastante más impactante que la A.

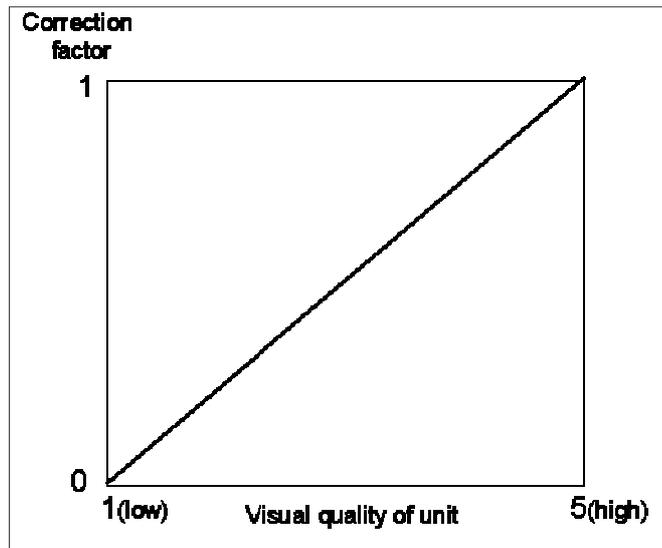


Figura 4.11.- Relación establecida entre la calidad visual de las unidades paisajísticas y el factor de corrección aplicado a la magnitud del impacto (reproducido de Bonachea et al., 2005).

Tabla 4.9.- Impacto visual para las dos alternativas (A y B).

	A	B
MAGNITUD DEL EFECTO VISUAL (MEV)- $km^2 \times personas$.	542.218	1.121.442
IMPACTO VISUAL (VI) $MEV \times Qcf$	108.443	303.092

Para evaluar la relevancia de los cambios descritos, en relación con las formas naturales existentes en la zona, se ha acudido a comparar la magnitud de la nueva estructura con la de formas lineales naturales, asimilables en cierto modo a la anterior. Las formas seleccionadas han sido el valle del río Deva (geoforma “negativa”) y una larga cresta ubicada en la parte noreste de la zona de estudio (geoforma “positiva”). Para ambas y para la autopista se ha determinado la AVS (“average vertical section” o sección vertical media) que es el área de una superficie alabeada con la longitud de la forma correspondiente y su altura media. En la Tabla 4.10 se muestran los valores de AVS calculados para las alternativas de la autopista y para las dos estructuras lineales naturales, tomadas como referencias, y las relaciones entre dichos valores.

Tabla 4.10.- Secciones verticales promedio calculadas para el valle del río Deva, una cresta ubicada al noroeste de la zona de estudio y para las dos alternativas. Relaciones entre valores de AVS (Bonachea et al., 2005).

SECCIÓN VERTICAL MEDIA (AVS)		VALLE DEL DEVA	CRESTA
		304.000m ² (15.000m × 20m)	152.756m ² (4.900m × 40m)
ALTERNATIVA A	84.250m ² (8.425m × 10m)	$AVS_A / AVS_{VALLE} = 0,28$	$AVS_A / AVS_{CRESTA} = 0,55$
ALTERNATIVA B	454.608m ² (12.628m × 36m)	$AVS_B / AVS_{VALLE} = 1,5$	$AVS_B / AVS_{CRESTA} = 3$

Como se puede apreciar en las relaciones antedichas, la alternativa B implica una importante modificación del paisaje, sobre todo cuando se la compara con una estructura natural, tal como una cresta, con la que tiene más parecido desde el punto de vista de la forma.

Para “medir” la relevancia del impacto se han calculado los valores de visibilidad (VA) y el número de espectadores (VP) para dos estructuras artificiales presentes en la zona de estudio (dos grandes edificios en Eibar y Vergara; Figura 4.12). Dado que la visibilidad de ambas es muy similar, se ha utilizado el promedio para las comparaciones (Tabla 4.11). La magnitud del efecto visual así obtenida, se ha comparado, por un lado, con la MEV promedio de los sectores de 200 m considerados, según se ha descrito más arriba, para el análisis de la visibilidad de la autopista. Por otro lado, se ha hecho la misma comparación con el conjunto de cada una de las trazas alternativas analizadas. Los valores obtenidos se muestran en Tabla 4.12.

Tabla 4.11.- Visibilidad de los dos edificios de la zona de estudio tomados como referencia.

Nº edificio	Área (km ²)	Nº personas	MEV (km ² × personas)
1	8,34	1.898	15.829
2	10,4	1.419	14.758
Valor promedio			15.294

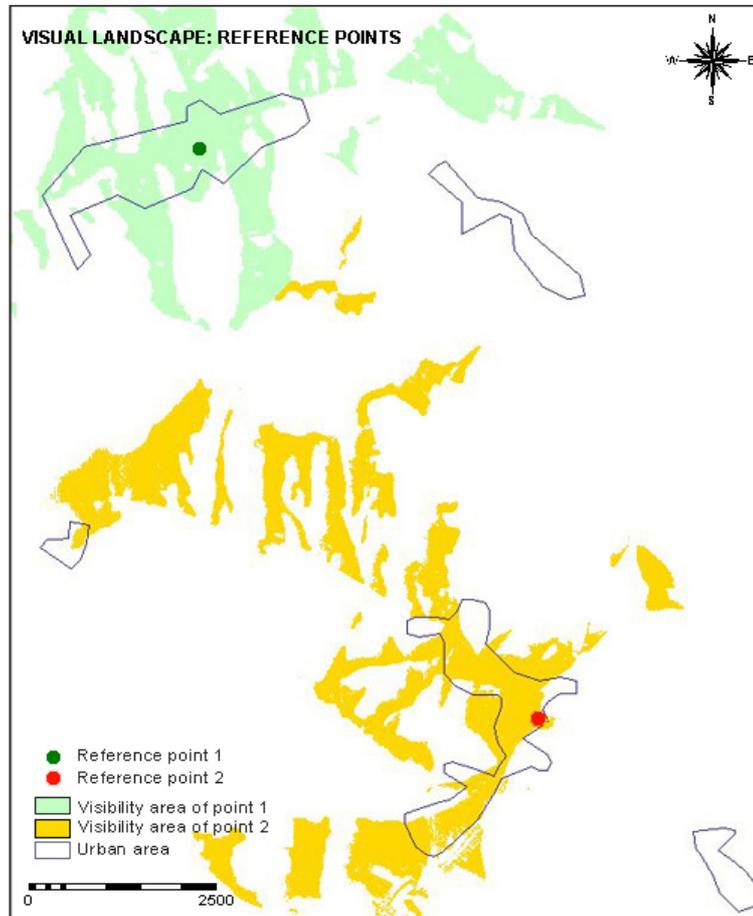


Figura 4.12.- Área de visibilidad de las dos estructuras artificiales tomadas como referencia (Bonachea et al., 2005).

Tabla 4.12.- Relaciones entre los valores de magnitud del efecto visual de los edificios tomados como referencias y de las alternativas de la autopista (Bonachea et al., 2005).

Estructura	MEVestructura/MEVpromedio edificios
Alternativa A (total)	35,4
Media sectores de Alt. A	0,17
Alternativa B (total)	72,12
Media sectores de Alt. B	2,2

Según se aprecia en la tabla, los sectores individuales de la alternativa A tienen, por término medio, una MEV muy inferior a la de los edificios tomados como referencia, mientras que en el caso de la alternativa B la MEV es más del doble que la de los citados edificios. Si se considera todo el trazado en conjunto, la MEV de las dos alternativas es, lógicamente, mayor que la de los edificios.

Traducción a términos significativos. Como en el caso de los LIG, el paisaje es un bien que constituye una parte importante del patrimonio cultural y que, como tal, tiene carácter intangible. Es por lo tanto muy difícil encontrar un criterio que permita traducir el valor de los impactos visuales a términos significativos para el público en general.

Sin embargo, es bien conocido que la calidad de las vistas (paisaje) influye mucho en el valor de una vivienda y que la degradación del paisaje puede implicar una pérdida de valor de la misma. Muestreos orientativos realizados en la zona de estudio han permitido estimar la diferencia de precio entre viviendas de similares características pero que difieren por tener buenas o malas vistas; dicha diferencia de precio es del orden del 25%. Para el presente análisis, se ha considerado un valor bastante más conservador, de forma que se ha tomado como pérdida máxima un 10% para las viviendas desde las cuales fuera visible toda de la autopista (20 sectores). Esto implica una pérdida del 0,5% del valor de la vivienda para cada sector de autopista visible desde la misma.

A través de una muestra de los valores de mercado de la zona de estudio, se ha estimado que el valor medio de las viviendas es de 120.000 € (valores de 2003), esto implica que la pérdida para una vivienda que solamente “vea” un sector de la autopista se puede estimar en 600 €, correspondiente al 0,5 % del valor total de la vivienda definido anteriormente. Por medio de los datos relativos al los mapas de los núcleos urbanos, a los censos de habitantes (EUSTAT, 1999), y considerando 3 habitantes para cada vivienda, se ha determinado el número de viviendas por cada píxel (h). El mapa así obtenido se ha superpuesto al mapa del área de visibilidad, y se ha obtenido el número de puntos de la autopista visibles desde cada vivienda afectada.

Coherentemente con lo explicado más arriba, la intensidad o importancia de la “pérdida” citada depende en parte de la calidad visual de la unidad en la que se ubica la nueva estructura (la autopista). Si dicha calidad es muy baja, el deterioro visual será muy poco significativo y, por el contrario, muy elevado si la unidad tiene una alta calidad. Por ello, al traducir a términos monetarios el impacto visual se ha aplicado en cada caso el factor de corrección de calidad (Qfc) correspondiente. Esto es, la “pérdida de calidad visual” (P) de un píxel sería:

$$P = \sum_{i=1}^n (h \times 600\text{€} \times Qfc_i)$$

donde:

h = número de casas para cada píxel

n = número de sectores de autopista que se ven desde el píxel

Qfc = calidad visual de la unidad de paisaje en la que se encuentra el sector

Así, la “pérdida” para una vivienda que “viera” un único sector de autopista enclavado en una unidad de calidad visual baja (Qfc = 0,2) sería de 120€. Si una vivienda “viera”, además, un segundo sector con Qfc = 0,5, la pérdida sería de 420 €.

Por último, sumando los valores obtenidos para todos los píxeles afectados, se obtiene la pérdida total, derivada del impacto visual en la zona de estudio, expresada en

términos económicos (Tabla 4.13). En la Figura 4.13 se representan los mapas de valores correspondientes al impacto total sobre el paisaje visual para las dos alternativas.

Este procedimiento permite caracterizar los impactos visuales teniendo en cuenta el grado o nivel de modificación de las condiciones naturales iniciales. Además, es posible traducir el impacto geomorfológico a términos que proporcionan una idea del significado “social” del impacto, lo que permite integrar este tipo de impacto con otros de diferente naturaleza. Naturalmente, la “pérdida económica” calculada no corresponde a un gasto o coste monetario real, pero sí permite hacer comparaciones basadas en realidades sociales.

Tabla 4.13.- Impactos visuales expresados en términos económicos (Bonachea et al., 2005).

Alternativa	MEV (km ² × personas)	Impacto en términos significativos (€)
A	108.443	-2.816.218
B	303.092	-4.415.707

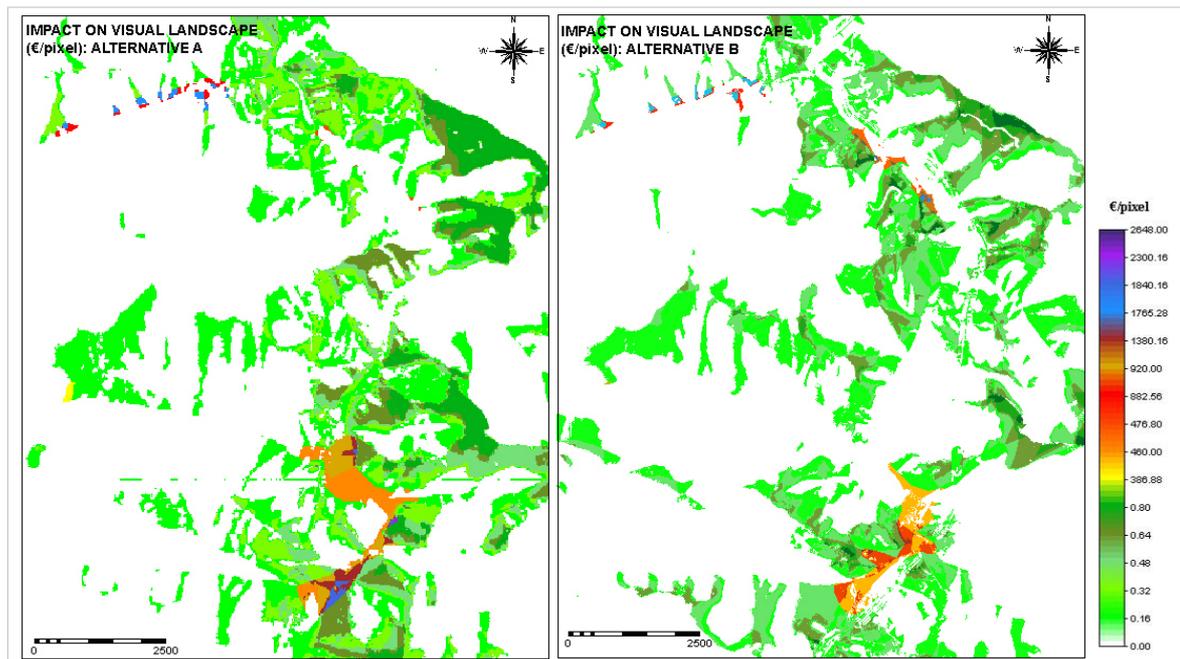


Figura 4.13.- Impacto visual de las dos alternativas (A y B) expresado en términos económicos (€/píxel; reproducido de Bonachea et al., 2005).

4.3.- INCORPORACIÓN DEL PAISAJE VISUAL EN LA PLANIFICACIÓN DE EXPLOTACIONES MINERAS

Los conceptos, métodos y herramientas desarrollados y aplicados para la evaluación del paisaje en el caso de estudio anteriormente descrito son aplicables a la valoración de los efectos reales o potenciales sobre el paisaje en otro tipo de contextos. Una de dichas posibles aplicaciones es la planificación de actividades de distinto tipo (planes de urbanismo, planes forestales, o planes de ordenación de actividades de tipo extractivo).

La implantación de una nueva cantera produce una intrusión en el paisaje que puede provocar una disminución de la calidad visual del entorno en el cual se inserta. Como en el caso antes descrito, dicho impacto visual está directamente relacionado con el grado de visibilidad de la nueva forma introducida en el terreno y con el contraste entre ésta y el paisaje original.

En este apartado se presentan dos ejemplos de procedimientos para la incorporación del análisis del paisaje visual en planificaciones de explotaciones mineras. El primer caso se refiere a un estudio concreto y detallado, que se elaboró en una pequeña zona próxima a Santander, para identificar las posibles zonas de expansión de áreas ya en explotación para la producción de áridos. El segundo ejemplo es parte de un análisis para el conjunto de la comunidad autónoma de Cantabria, dentro de un plan general encaminado a ordenar las explotaciones.

EXPANSIÓN DE CANTERAS EXISTENTES

El primer caso de estudio se ubica en Camargo (Figura 4.14). El fin último del análisis es la definición de la vulnerabilidad del medio frente a la ubicación de canteras para áridos. Se entiende aquí por vulnerabilidad la posibilidad de destrucción o de grave deterioro de elementos o unidades del medio con características valiosas (unidades de alto valor natural o paisajístico, unidades de alta productividad, etc.) o bien de afección a zonas habitadas. Dada la naturaleza de la actividad considerada, su implantación significa la destrucción total de los elementos del medio en las zonas directamente afectadas y también una pérdida de parte de sus características o disminución de la calidad ambiental en las zonas circundantes.

El procedimiento seguido para la realización del análisis de vulnerabilidad se ha basado en la consideración de una serie de características del medio, para las cuales se han realizado los inventarios correspondientes, que han sido utilizados para hacer la evaluación de la vulnerabilidad de cada uno de ellos. Los rasgos considerados en este análisis han sido: vegetación y usos del suelo, suelos y capacidad de uso, población y vías de comunicación, patrimonio natural y arqueológico, calidad del paisaje visual y visibilidad de los macizos calizos. En lo que sigue solamente se hace referencia al análisis del paisaje visual.

El primer paso, como en el caso anterior, ha sido la identificación de las unidades del paisaje, que se han definido a partir de criterios fisiográficos y morfológicos (que condicionan formas y volúmenes), de vegetación (que condiciona las texturas y colores)

y del grado de presencia humana (que condiciona, aunque en menor grado que los anteriores, formas, texturas y colores y, además, introduce estructuras que condicionan fuertemente la percepción, a menudo en sentido negativo desde el punto de vista paisajístico).

En una primera etapa se han definido las unidades del paisaje utilizando criterios fisiográficos y morfológicos. Para la identificación de las clases de calidad visual de cada unidad identificada se ha procedido (por encuestas y consenso entre los miembros del equipo de trabajo) a establecer rangos o jerarquías de calidad visual para cada unidad. Los tipos de unidades definidas y sus clases de calidad visual se muestran en la Tabla 4.14.

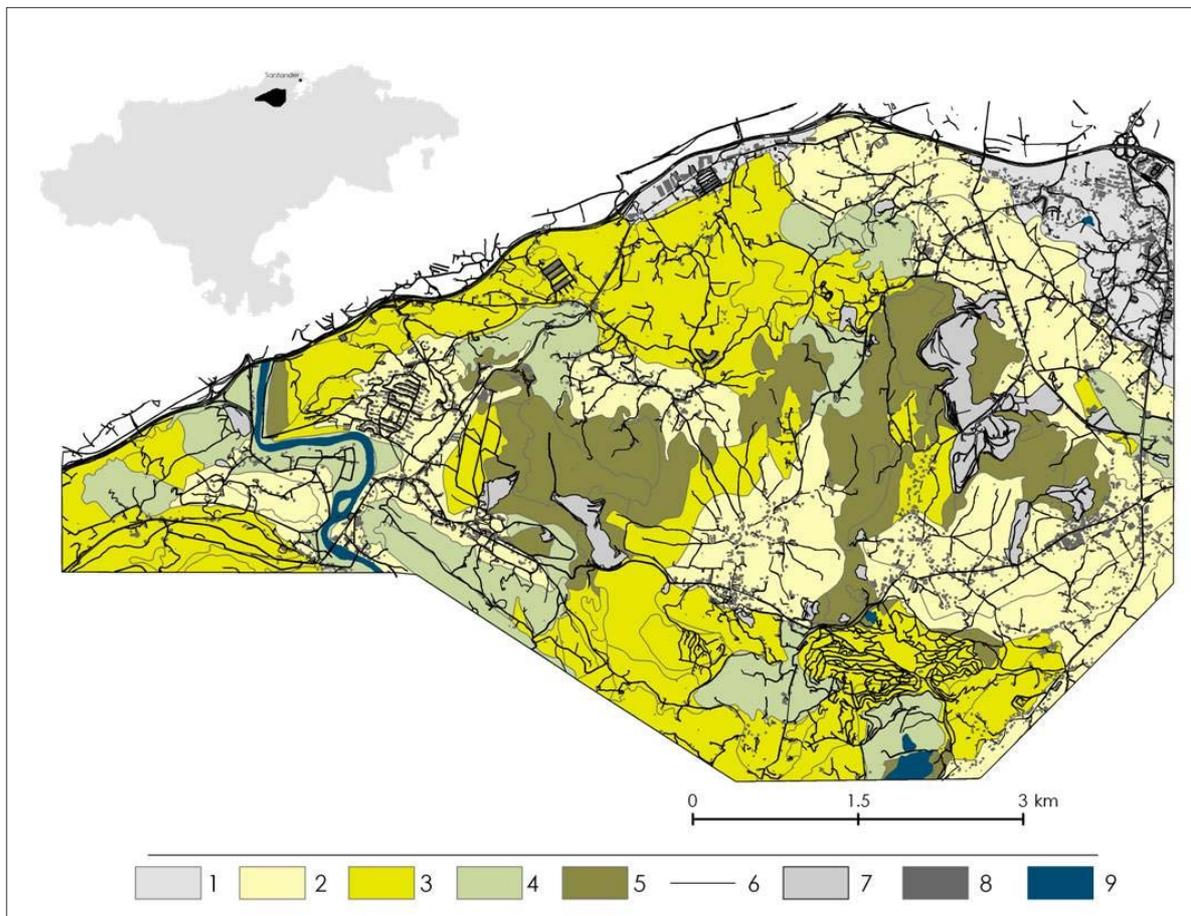


Figura 4.14.- Mapa de situación de la zona de estudio y mapa de calidad visual de las unidades de paisaje de la zona de Camargo. 1: calidad visual 1; 2: calidad visual 2; 3: calidad visual 3; 4: calidad visual 4; 5: calidad visual 5; 6: carreteras y caminos; 7: canteras existentes; 8: edificios; 9: masas de agua.

Posteriormente se han subdividido las unidades anteriores en función de la vegetación dominante, considerada a efectos de percepción visual. La calidad visual atribuida a los tipos de vegetación, y obtenida según el procedimiento anterior, se muestra en la Tabla 4.15.

La calidad visual de las unidades derivadas por este procedimiento se ha determinado por medio de una matriz simple (Tabla 4.16) que combina ambos criterios. La calidad visual así obtenida se ha combinado, por el mismo procedimiento, con la intensidad de la presencia humana en la unidad, para la cual se han identificado, a efectos de percepción, los tipos que se presentan en la Tabla 4.17. En este caso, se considera que cuanto más acusada sea la presencia de estructuras artificiales en el territorio, menor es la calidad visual de este. Evidentemente, la distribución de estructuras artificiales es difícil de plasmar de manera significativa por medio de un “mapa de unidades”. Por ello, se ha acudido a definir unos pocos grandes tipos de ocupación o presencia humana sobre el territorio (de más a menos intensa) y a identificar el tipo que corresponde a cada una de las unidades previamente definidas a partir de la morfología y la vegetación. En los casos en los que se ha observado una diferencia marcada de presencia humana sobre una única “unidad natural”, esta se ha subdividido en dos o más, de acuerdo con aquella.

Tabla 4.14.- Unidades fisiográfico/morfológicas y calidad visual.

UNIDAD FISIOGRAFICO/MORFOLOGICA (M)	CALIDAD VISUAL
Pequeños valles fluviales, con fondo plano muy poco desarrollado, con cursos de agua intermitentes o poco perceptibles y laderas suaves (5 – 25%)	1
Zonas de pendiente suave a moderada en las partes bajas de las laderas (5 – 25%).	1
Valles de amplitud media, con fondo poco desarrollado y laderas medianamente abruptas	2
Zonas de marismas, parcialmente desecadas	2
Grandes depresiones con fondo plano	3
Laderas con pendientes moderadas a fuertes y morfología suave	3
Campos de dolinas	4
Depresiones con lagunas	4
Valle fluvial con llanura aluvial bien desarrollada, y curso de agua amplio, permanente	4
Laderas con pendientes moderadas a fuertes y con morfología abrupta de tipo cárstico	4
Macizos cársticos prominentes(mayores en general de 1 km ²), con morfología cárstica superficial claramente visible, elevadas sobre las unidades adyacentes y con límites netos en la mayor parte de su contorno, normalmente con ruptura de pendiente marcada	5
Relieves prominentes aislados	5

Tabla 4.15.- Vegetación clasificada en función de la calidad visual.

TIPO (V)	CALIDAD VISUAL
Eucaliptales	1
Prados y cultivos	2
Encinares y prados	3
Encinares, matorrales y eucaliptales	3
Praderías con manchas arboladas y de matorral	3
Vegetación palustre	4
Matorrales	4
Encinares y matorrales	5
Encinares	5

La matriz que combina presencia humana y vegetación/morfología se muestra en la Tabla 4.18. Como se puede apreciar, ambas matrices son iguales y otorgan un peso ligeramente superior a las clases más altas de calidad de vegetación y de presencia humana, respectivamente.

La clasificación de calidad del paisaje visual así obtenida (Figura 4.14) se ha contrastado “a posteriori” con consultas a expertos ajenos al proceso de evaluación (y no conocedores de éste), sobre el terreno, para determinar hasta qué punto había coincidencia. Aunque se encontraron, como es lógico, algunas diferencias entre dichas evaluaciones, éstas sólo se produjeron en las clases centrales, nunca en los extremos, y no superaron un salto de clase.

Dentro del contexto más amplio del proyecto, estas unidades de calidad visual han sido utilizadas para discriminar entre zonas “aptas” para explotación de canteras y zonas “no aptas” para la actividad extractiva. Dicha discriminación se lleva a cabo identificando, para cada tipo de rasgo analizado, las unidades que no deberían verse afectadas por las explotaciones. Para ello, se define un “umbral de vulnerabilidad” que se considera no debe sobrepasarse, correspondiente a las clases de calidad 4 y 5 de cada uno de dichos rasgos (incluyendo, como es lógico, la propia calidad visual de las unidades).

Tabla 4.16.- Matriz de calidad visual que combina criterios morfológicos (M) y de vegetación (V).

V M					
	1	2	3	4	5
1	1	1	2	2	3
2	1	2	2	3	3
3	2	2	3	3	4
4	2	3	3	4	5
5	3	3	4	4	5

Tabla 4.17.- Clases de intensidad de la presencia humana.

OCUPACIÓN HUMANA (H)	CALIDAD VISUAL
Unidad con instalaciones industriales o con zonas urbanas de alta densidad	1
Zonas urbanas de media densidad, fundamentalmente urbanizaciones estructuradas	2
Núcleos rurales	3
Edificios dispersos	4
Sin estructuras artificiales o muy escasas	5

Tabla 4.18.- Matriz de calidad visual que combina los criterios morfológicos y de vegetación (V/M) con el criterio de intensidad de ocupación humana (H).

H \ V/M	1	2	3	4	5
1	1	1	2	2	3
2	1	2	2	3	3
3	2	2	3	3	4
4	2	3	3	4	5
5	3	3	4	4	5

Como ya se ha comentado, este procedimiento, de naturaleza categórica desde el inicio hasta el final del proceso, solamente permite un pronunciamiento de tipo “apto - no apto”, sin establecer grados dentro de cada una de esas dos categorías.

El paso siguiente se refiere al análisis de la visibilidad de las zonas que, en la fase anterior, se han considerado “aptas” para la implantación de canteras; es decir, para aquellas zonas que han resultado no vulnerables frente la explotación.

La visibilidad se ha definido como “superficie promedio desde la cual una actuación puede ser vista”. Esa “superficie promedio” se ha calculado para las distintas unidades que se han identificado como poco sensibles a partir de los demás factores considerados. Para ello, las unidades que presentan facetas con orientaciones y grados de visibilidad diferentes se han subdividido previamente en sectores razonablemente homogéneos desde este punto de vista. La visibilidad de cada uno de los sectores o unidades considerados se ha obtenido a partir de la media de dos puntos, uno de máxima visibilidad (normalmente en el punto más elevado de la unidad) y otro de visibilidad media. En cada uno de dichos puntos se han trazado “líneas de visión” a lo largo de 8 direcciones del espacio, calculando para cada una de ellas la longitud de los segmentos visibles (dentro de la zona de estudio). La media de dichas longitudes se ha considerado como radio del “círculo de visibilidad equivalente”, que representa una superficie aproximadamente igual a la del polígono de contorno irregular que constituye el área de visibilidad real. Con el fin de estimar el error inherente a esta simplificación, los radios así obtenidos se han comparado con los correspondientes a 16 y 32 direcciones del espacio, en una serie de puntos elegidos al azar. El error máximo determinado no superó en ningún caso el 5%, por lo que la simplificación señalada se considera adecuada.

Los valores obtenidos han oscilado entre 185 y 561 m, equivalentes respectivamente a 107.521 y 988.725 m², para los correspondientes “círculos de visibilidad equivalente”.

Como en el caso de estudio anterior, con el fin de establecer un término de comparación que permita definir grados de visibilidad, se ha determinado el “círculo de visibilidad” de puntos de muy alta visibilidad de la zona.

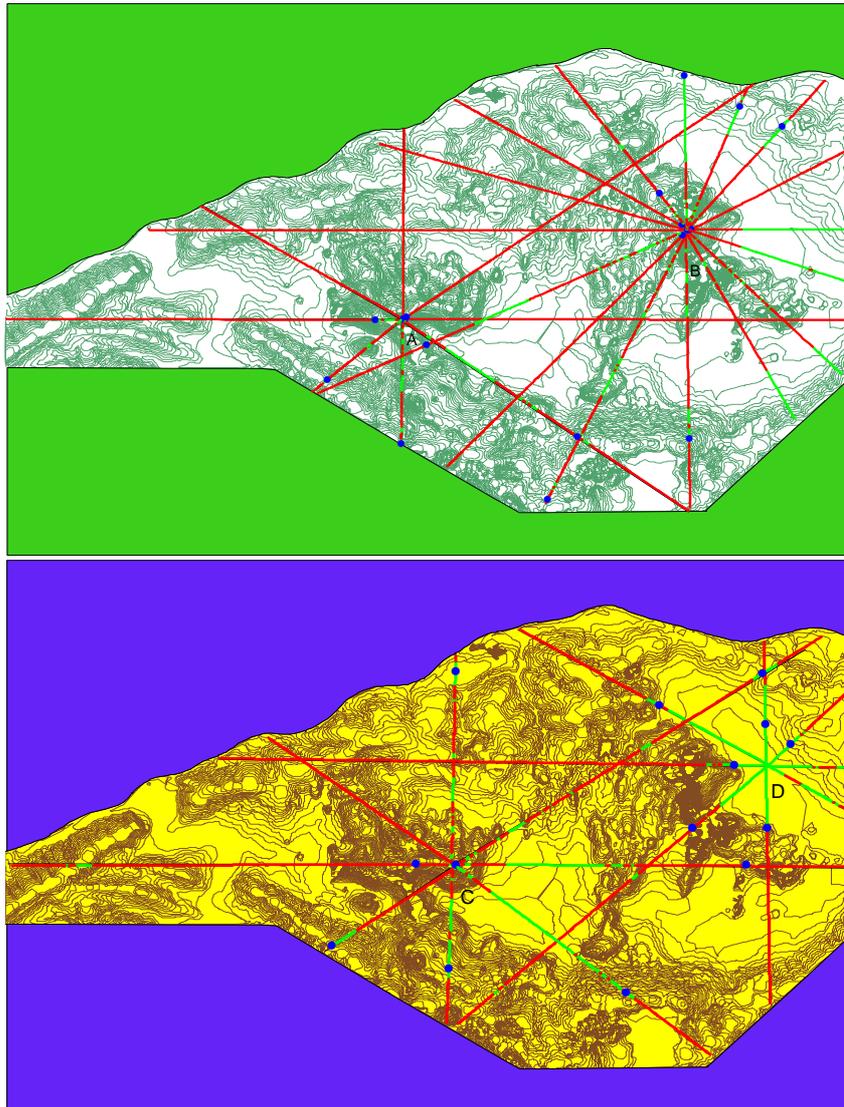


Figura 4.15.- Radios de visibilidad de cuatro puntos de referencia. En la imagen superior se muestran los puntos situados en las partes altas de dos canteras (A y B); en la imagen inferior se muestra un punto situado en una cumbre prominente (C) y otro en la parte central de una amplia llanada (D).

Se han seleccionado cuatro puntos, dos en la parte alta de dos canteras diferentes, otro en una cumbre prominente de la zona y un cuarto en la parte central de una llanada amplia. La Figura 4.15 muestra los radios de visibilidad de los cuatro lugares citados. Los valores obtenidos en estos cuatro puntos oscilan entre 410 m (528.102 m²) y 937m (2.759.987 m²). De acuerdo con esto, se han establecido las clases de visibilidad que se muestran en Tabla 4.19. Para definir dichas clases, se ha considerado que la máxima visibilidad (1000 m) corresponde a la clase 5 y, cada 200 m se han definido las siguientes clases hasta la clase 1. Según dichas clases de visibilidad, los valores obtenidos anteriormente para las zonas aptas corresponden a las clases 2 y 3, por lo que no sobrepasan el nivel medio. Por ello, ninguna de las zonas identificadas como aptas

con los procedimientos utilizados se vería excluida. El resultado final del análisis descrito se muestra en la Figura 4.16.

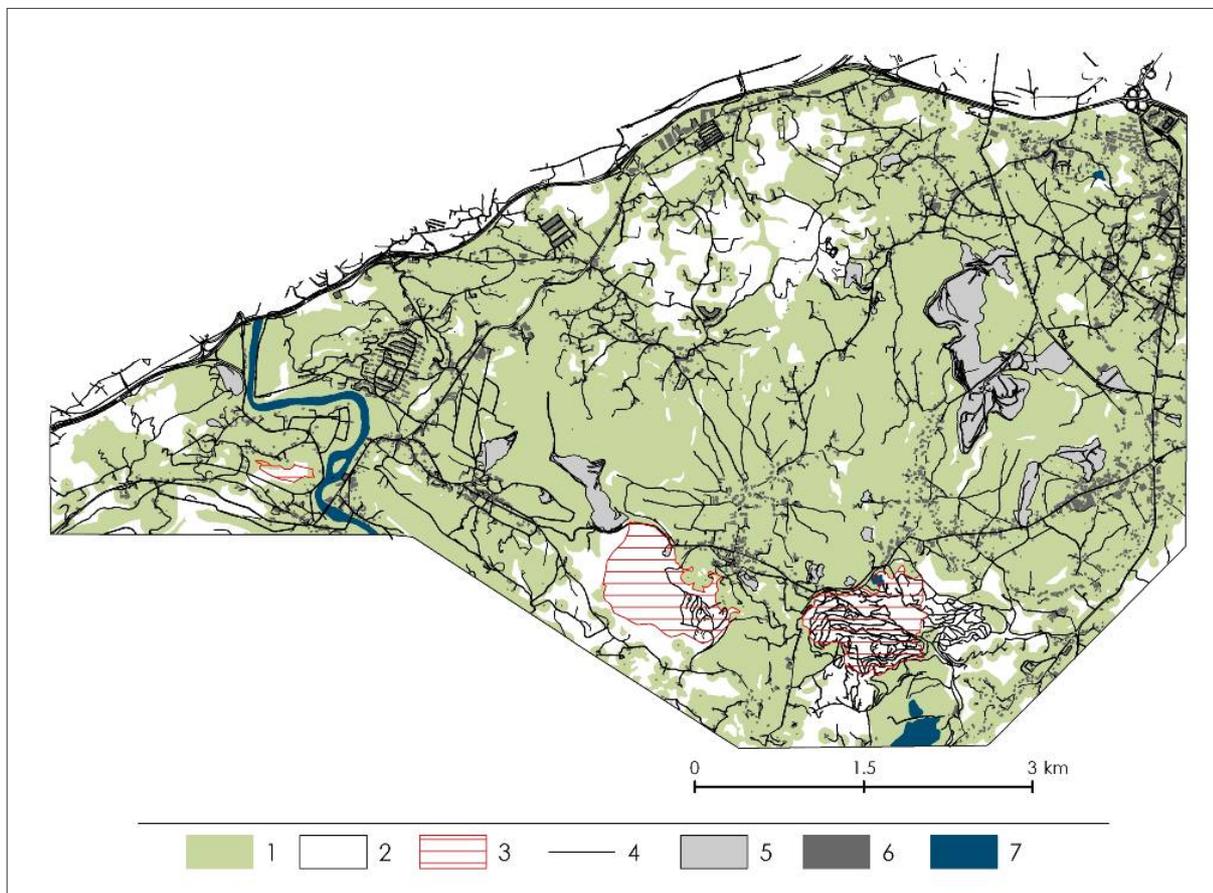


Figura 4.16.- Evaluación de la visibilidad de las unidades potencialmente aptas para la explotación de áridos (las zonas aptas y no aptas se han definido teniendo en cuenta un conjunto de factores, no sólo el paisaje). 1: zonas no aptas/vulnerabilidad alta (uno o más elementos del medio tienen vulnerabilidad alta o muy alta); 2: zonas aptas/vulnerabilidad baja (ningún elemento del medio presenta vulnerabilidad alta o muy alta); 3: zonas de mayor visibilidad; 4: carreteras y caminos; 5: canteras existentes; 6: edificios; 7: masas de agua.

Tabla 4.19.- Clases de visibilidad establecidas para la zona de Camargo, en función del radio del “círculo de visibilidad equivalente”.

CLASE	RADIO MEDIO
1	< 200 m
2	200 - 400
3	400 - 600
4	600 - 800
5	> 800 m

En dicha figura se presentan en blanco las zonas potencialmente aptas para las canteras, definidas a partir de la evaluación de todos los rasgos considerados (incluyendo la calidad visual del paisaje). Sobre dichas zonas, se ha superpuesto una trama que

muestra las zonas de mayor visibilidad (clase 3), determinada de acuerdo con el procedimiento descrito. Evidentemente, las zonas “blancas” restantes corresponden a los lugares más adecuados para nuevas canteras.

Este procedimiento permite identificar “a priori”, en una determinada área, aquellas zonas que pueden ser explotadas para la producción de áridos. Además, un análisis más detallado de la visibilidad de los macizos potencialmente explotables, permitiría planificar la explotación y las posibles acciones de mitigación, con el fin de reducir ulteriormente los impactos visuales, tanto en la fase de explotación, como en la de abandono de la cantera. Este aspecto se ilustra con más detalle en el caso siguiente.

EMPLAZAMIENTO DE NUEVAS CANTERAS

A continuación se describe un segundo ejemplo, que muestra la aplicación de un procedimiento que representa una variante con respecto al anterior (Bonachea et al.; 2005 y Bruschi et al.; 2006). Dicho procedimiento se ha aplicado para simular dos hipotéticas canteras a cielo abierto, en uno de los macizos que han sido seleccionados como potencialmente aptos para producción de áridos, como parte de un análisis que abarca toda la comunidad autónoma de Cantabria.

También en este caso se ha hecho una selección inicial sobre la base de criterios tales como: litología, vegetación, capacidad de uso del suelo, espacios naturales protegidos, núcleos de población, patrimonio natural y cultural, etc. Además, otro criterio tenido en cuenta ha sido el paisaje, que se ha analizado a dos niveles.

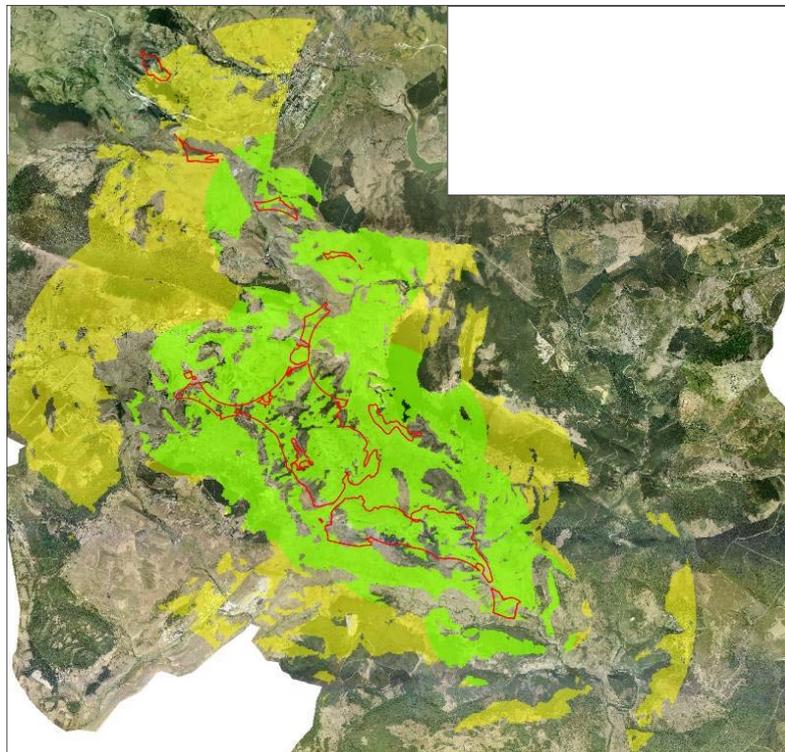


Figura 4.17.- Áreas de visibilidad de un macizo preseleccionado, para radios de 5000 m (amarillo) y 2000 m (verde). En rojo se indica el límite de las zonas explotables del macizo.

En primer lugar, se hizo un análisis somero, encaminado a determinar el grado de visibilidad de los macizos pre-seleccionados como potencialmente aptos en función del conjunto de los factores considerados (relativos a la naturaleza del recurso, a las limitaciones ambientales y logísticas, etc.). Para dichos macizos se determinó el “área de visibilidad” (VA), definida como la superficie, en radios de 2 y 3 km a partir del macizo, desde la cual se ve al menos una parte del mismo. Dicha superficie proporciona una idea inicial, aproximada, de la facilidad para encontrar emplazamientos poco visibles para nuevas canteras. Esto se puede utilizar como un criterio de selección adicional. La Figura 4.17 muestra las áreas de visibilidad obtenidas para uno de los macizos. Naturalmente, la visibilidad real de una nueva cantera dependerá de su emplazamiento exacto y del diseño del plan de explotación correspondiente.

En la fase siguiente, se acudió a simular diferentes ubicaciones y formas de posibles canteras futuras y a determinar el área de visibilidad (VA), la población afectada (VP) y la magnitud del efecto visual (MEV) correspondientes. Dicha determinación se hizo tanto con como sin medidas de mitigación.

En la Figura 4.18 se muestra un macizo en el que se han ubicado dos posibles grandes explotaciones a cielo abierto (A y B) en el macizo anterior. En la cantera A (rojo), se puede explotar hasta la cota de 900 metros y, en la B (amarillo), hasta la cota de 880 metros. La superficie total que abarca la potencial explotación es de 2,7 km², lo que, dado que la profundidad media de excavación sería de 26 m, representaría un volumen total de 70×10^6 m³. La Figura 4.19 muestra una vista aérea simulada del emplazamiento.

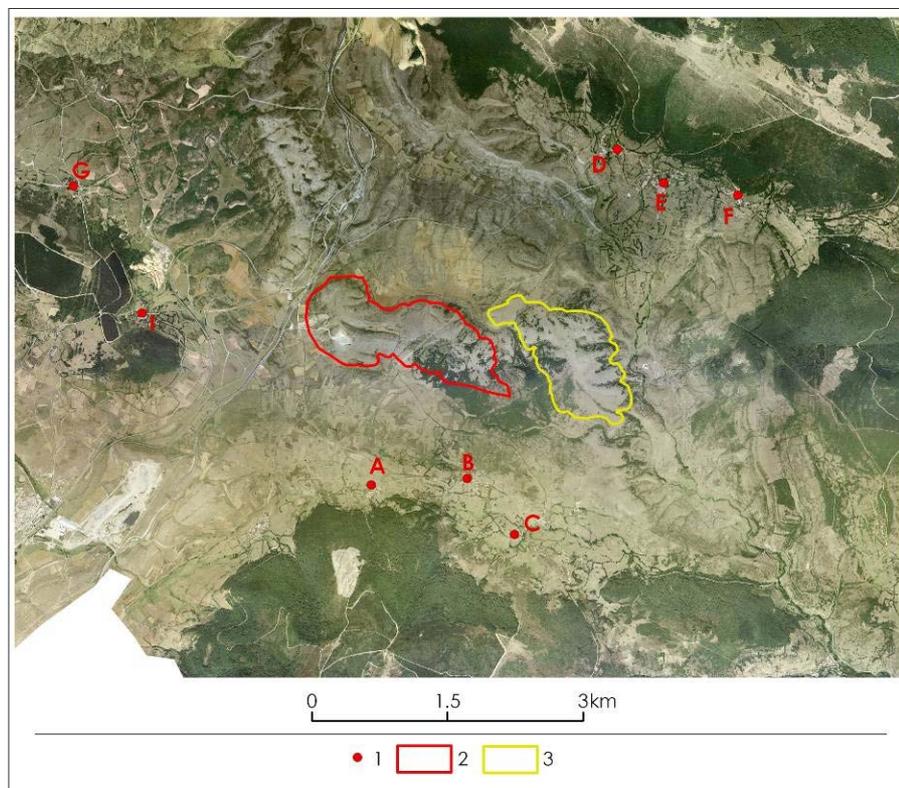


Figura 4.18.- Ortofoto del macizo en su situación actual. 1: núcleos de población; 2: cantera A; 3: cantera B.

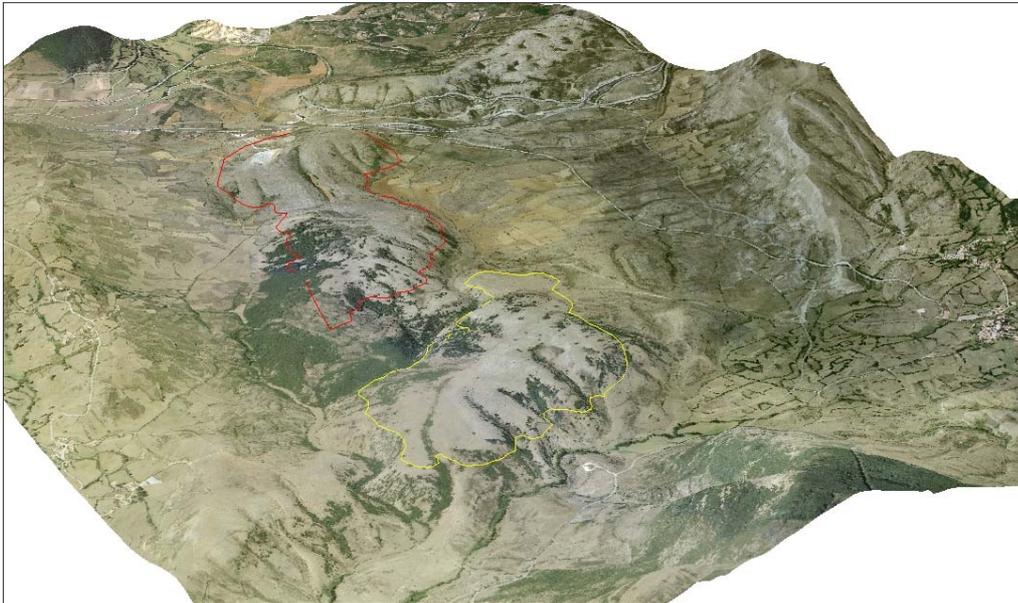


Figura 4.19.- Vista aérea del macizo desde el sureste. En rojo se indica el límite de la hipotética cantera A y en amarillo el límite de la hipotética cantera B.

Para calcular el área de visibilidad de las canteras se han considerado una serie de puntos distribuidos en la superficie (Figura 4.20). Para ambas canteras se han identificado 55 puntos emisores de vistas ubicados estratégicamente intentando cubrir la mayor parte de la superficie del macizo. Como es natural, el área de visibilidad aumenta al aumentar el número de puntos. Por otro lado, el incremento del número de puntos complica bastante el tratamiento, dado que los tiempos de tratamiento que requiere el programa ArcGIS son proporcionales al número de puntos a calcular, por lo que conviene buscar un equilibrio razonable entre el número de puntos y la precisión de los resultados. Con el fin de determinar ese equilibrio se ha calculado la visibilidad de la cantera A con tres conjuntos de puntos, en los cuales se ha cambiado tanto la cantidad de puntos como su distribución. El primero de ellos está constituido por 37 puntos distribuidos según la morfología del macizo; el segundo por 55 puntos distribuidos según una malla regular de 200 metros de lado; el tercer grupo tiene 148 puntos distribuidos según una malla regular de 100 metros de lado. En la Tabla 4.20 se muestran los resultados obtenidos por medio de este sencillo análisis. Se aprecia claramente que las mejoras en las medidas obtenidas son pequeñas, pero que la obtención de las mismas aumenta considerablemente los tiempos de tratamiento. Evidentemente, los tiempos de procesamiento también dependen de la superficie total a analizar y de la resolución del modelo digital de elevaciones (en este caso, 5 metros). A la vista de lo anterior se ha considerado que el conjunto de 55 puntos representa la relación precisión/tiempo más adecuada.

A continuación se simuló las canteras, modificando el modelo digital de elevaciones. En las Figuras 4.21 y 4.22 se muestran los MDE correspondientes a la situación actual y suponiendo que se realice un corte horizontal a la altura de la cota 930

m para la cantera A y 910 m para la B. En la Figura 4.23, la simulación supone que se efectuará una excavación adicional, hasta la cota de 900 m en la cantera A y hasta 880 m en la cantera B.

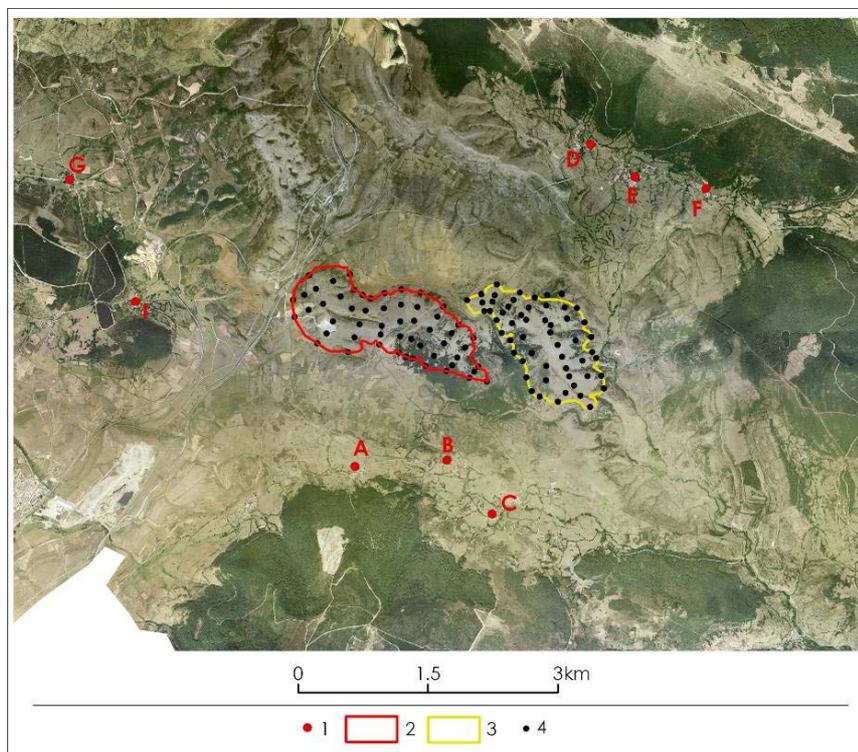


Figura 4.20.- Localización de los puntos emisores de vistas para las dos canteras (A y B). 1: núcleos de población; 2: cantera A; 3: cantera B; 4: puntos emisores de vistas.

Tabla 4.20.- Áreas de visibilidad obtenidas para la cantera A utilizando tres conjuntos de puntos emisores de vistas.

Número de puntos/ubicación	Área de visibilidad	Tiempos de procesamiento
37 puntos Ubicación estratégica de los puntos	13,88 km ²	6'
55 puntos Malla regular de 200 m de lado	14,80 km ²	10'
148 puntos Malla regular de 100 m de lado	15,07 km ²	19'

A partir de estos modelos digitales de elevaciones modificados y de los puntos emisores de vistas identificados anteriormente, se ha determinado la superficie de visibilidad total para cada cantera, expresada en km². Dicha área de visibilidad (VA) corresponde, como ya se ha comentado, a la superficie total desde la cual es visible al menos un punto de la cantera, hasta una distancia de 3000m (Figuras 4.24 y 4.25) y de 2000m (Figuras 4.26 y 4.27). Las áreas de visibilidad totales para las canteras A y B son respectivamente: 20,73 km² y 23,57 km²., en el caso de una distancia máxima de 3000

metros; 13,29 km² y 13,45 km², en el caso de una distancia máxima de 2000 metros. La distancia de 3000 metros es la que normalmente se adopta para los estudios de visibilidad, mientras que 2000 metros es la distancia que se contempla en el Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.

Para el cálculo de los potenciales espectadores u observadores (VP), se han utilizado los datos del censo (INE, 2001) en los núcleos existentes en ese entorno, que se muestran en Tabla 4.21. Por último, en la Tabla 4.22, se muestran los valores de la magnitud de los efectos visuales obtenidos para las dos canteras, aplicando la expresión numérica $MEV = VA \times VP$, anteriormente descrita, y teniendo en cuenta la dos distancias máximas.

Tabla 4.21.- Núcleos de población y número de habitantes existentes en la zona correspondiente al área de visibilidad de las canteras A y B.

Núcleo	Población cantera A	Población cantera B
I	13	
A	24	24
B		6
C		27
D	33	33
E	66	66
F		24
G	6	
Total	142	180

Tabla 4.22.- Valores de la magnitud del efecto visual ($MEV = VA \times VP$) obtenidos para las dos canteras.

	Cantera A			Cantera B		
	AV (km ²)	VP (n° hab)	MEV (km ² × hab)	AV (km ²)	VP (n° hab)	MEV (km ² × hab)
3 km	20,73	142	2.943,60	23,57	180	4.242,60
2 km	13,29	142	1.887,18	13,45	180	2.421,00

Como en la aplicación anterior, con el fin de introducir la calidad visual del entorno en el cálculo del impacto visual total, se ha utilizado el mapa de vegetación y uso del suelo (Figura 4.28) que ha sido clasificado según la calidad visual de los distintas unidades (Tabla 4.23). Además de las unidades de vegetación y uso, se han utilizado las unidades fisiográficas (Figura 4.29), que también se han clasificado según las clases que se muestran en Tabla 4.24. Los valores de calidad visual de las unidades del mapa de vegetación y uso se han combinado con los de las unidades fisiográficas según la matriz de la Tabla 4.25 (análoga a la presentada anteriormente), y se ha obtenido el mapa de calidad visual de las unidades de paisaje (Figura 4.30).

Tabla 4.23.- Valores de calidad visual (VQ) de los diferentes grupos de vegetación.

Grupo de vegetación	Calidad visual (VQ)
Bosque	5
Prebosque	4
Matorral	4
Prados naturales	3
Brezal	2
Cultivo	2
Erial	2
Pastos	2
Pastizal	2

Tabla 4.24.- Valores de calidad visual (VQ) de las unidades fisiográficas.

Unidad fisiográfica	Calidad visual (VQ)
Relieve encajado de valle	5
Relieve alomado	4
Lapiaz	4
Valle fluvial	3

Tabla 4.25.- Tabla para la integración de los valores de calidad visual de las unidades de vegetación/uso y de las unidades fisiográficas.

V/U	1	2	3	4	5
F					
1	1	1	2	2	3
2	1	2	2	3	3
3	2	2	3	3	4
4	2	3	3	4	5
5	3	3	4	4	5

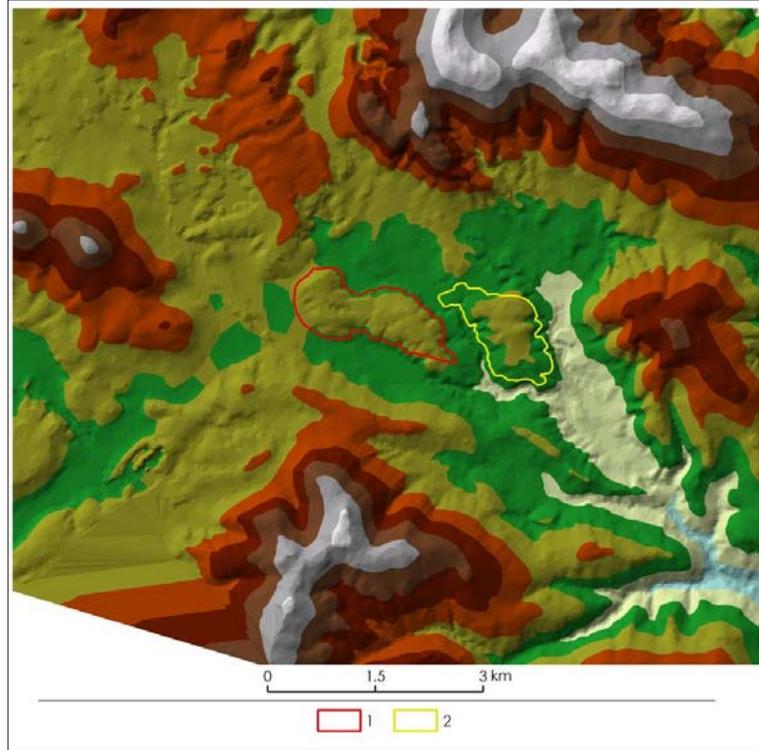


Figura 4.21.- Modelo digital de elevaciones correspondiente a la topografía previa a la explotación. 1: cantera A; 2: cantera B.

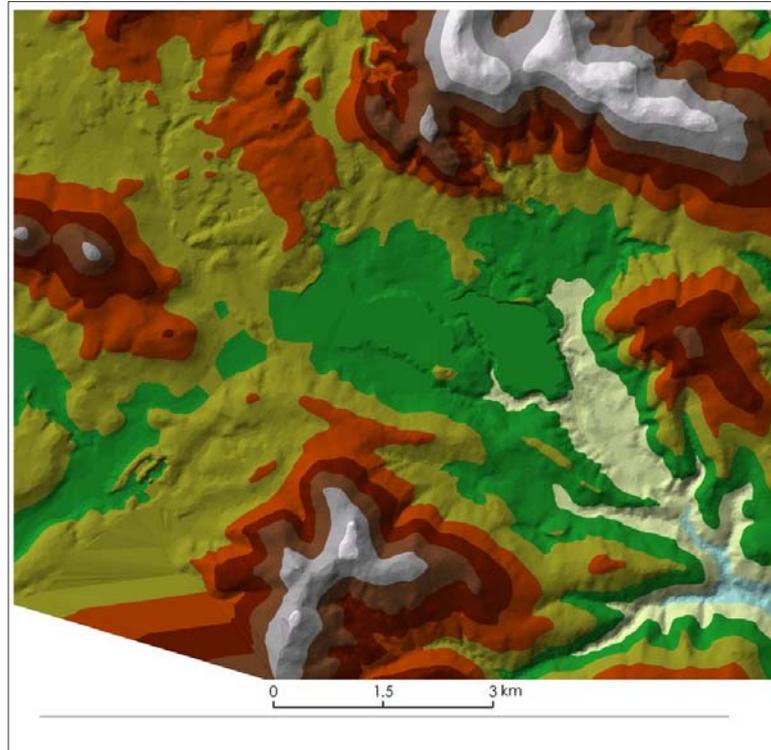


Figura 4.22.- Modelo digital de elevaciones modificado simulando una extracción de material hasta 930 m para la cantera A y, hasta 910 m para la cantera B.

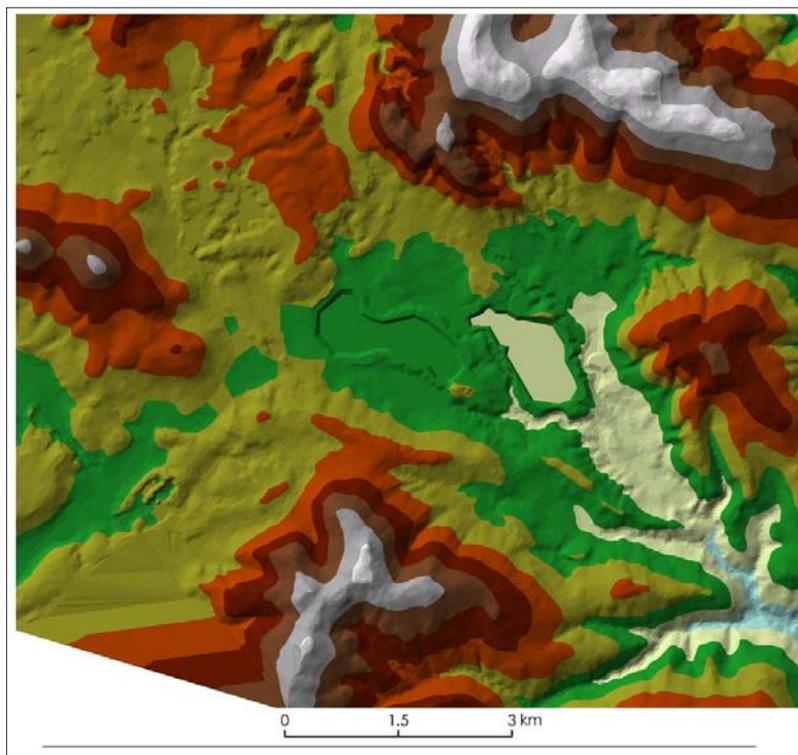


Figura 4.23.- Modelo digital de elevaciones modificado, simulando una extracción de material hasta 900 m para la cantera A y hasta 880 m para la cantera B.

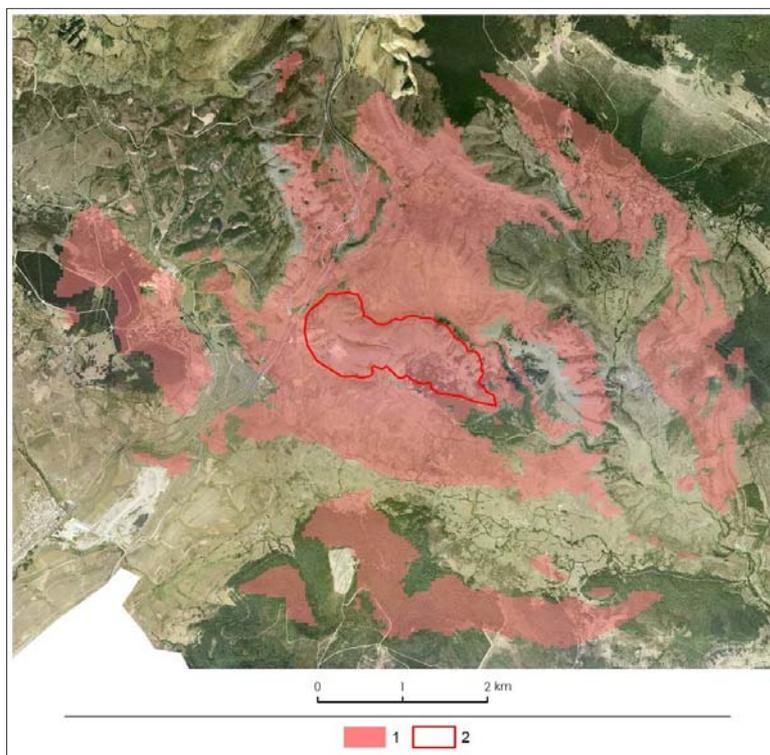


Figura 4.24.- Área de visibilidad de la cantera A (20,73 km²). 1: área de visibilidad de la cantera hasta una distancia de 3000 m; 2: límite de la cantera A.

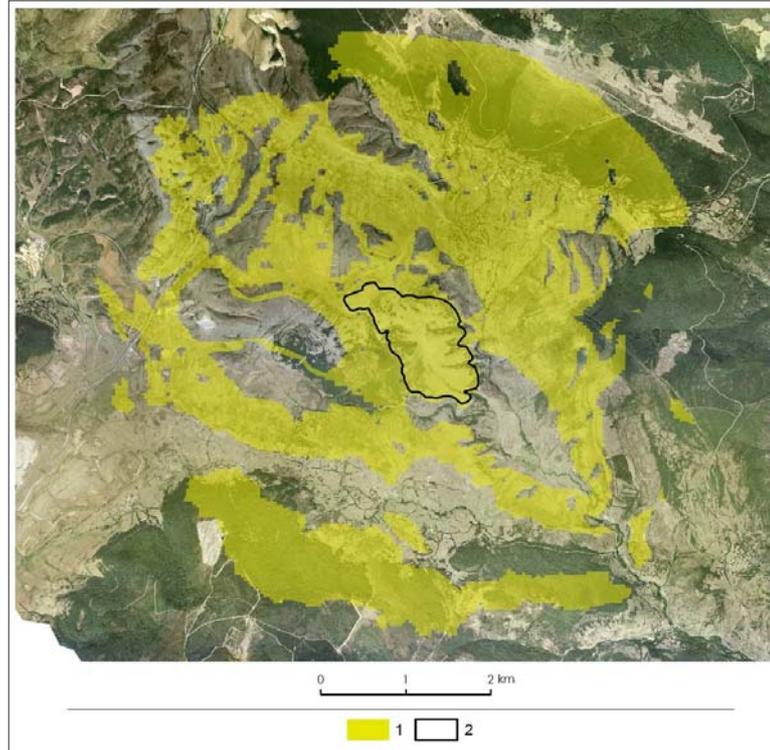


Figura 4.25.- Área de visibilidad de la cantera B (23,57 km²). 1: área de visibilidad de la cantera hasta una distancia de 3000 m; 2: límite de la cantera B.

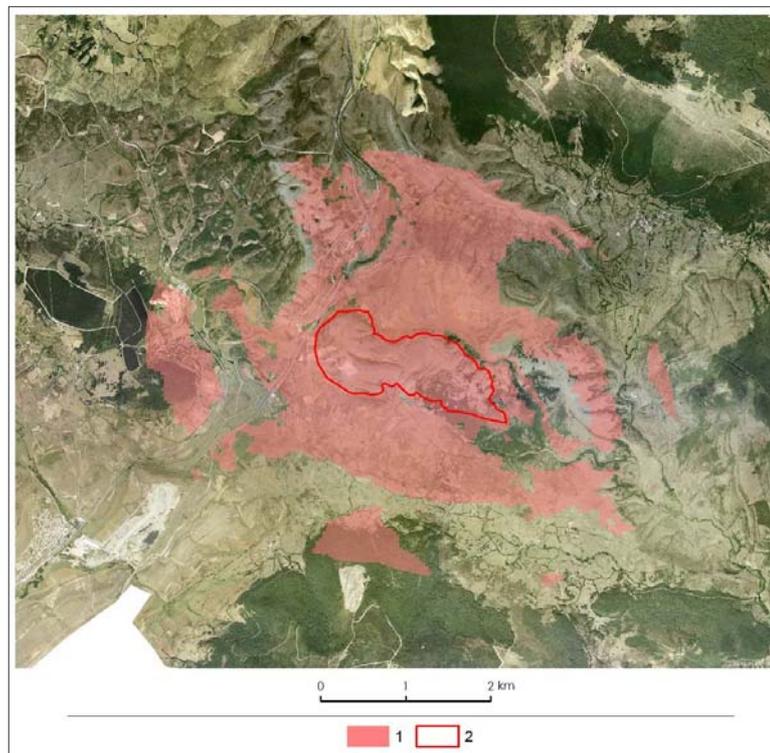


Figura 4.26.- Área de visibilidad de la cantera A (12,10 km²). 1: área de visibilidad de la cantera hasta una distancia de 2000 m; 2: límite de la cantera A.

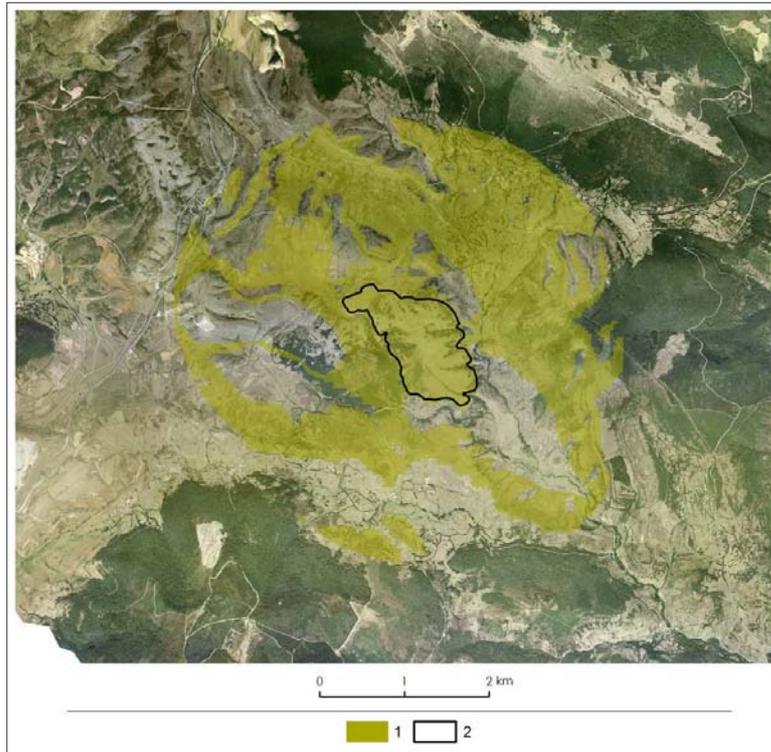


Figura 4.27.- Área de visibilidad de la cantera B (9,69 km²). 1: área de visibilidad de la cantera hasta una distancia de 2000 m; 2: límite de la cantera B.

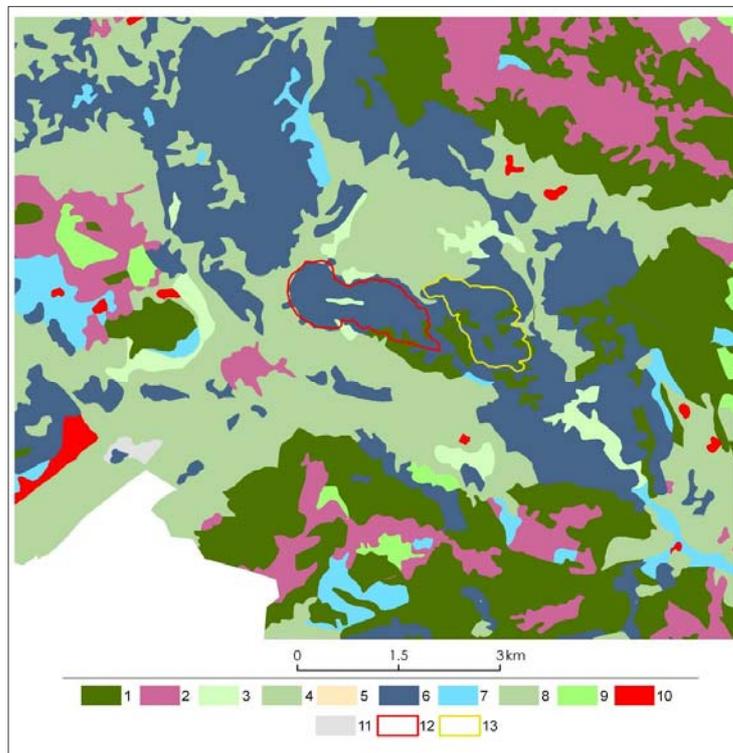


Figura 4.28.- Mapa de vegetación y uso del suelo de la zona correspondiente a las canteras A y B. 1: bosque; 2: brezal; 3: cultivo; 4: erial; 5: helechal; 6: matorral; 7: pastizal; 8: pradera; 9: prebosque; 10: urbano; 11: escombrera; 12: cantera A; 13: cantera B.

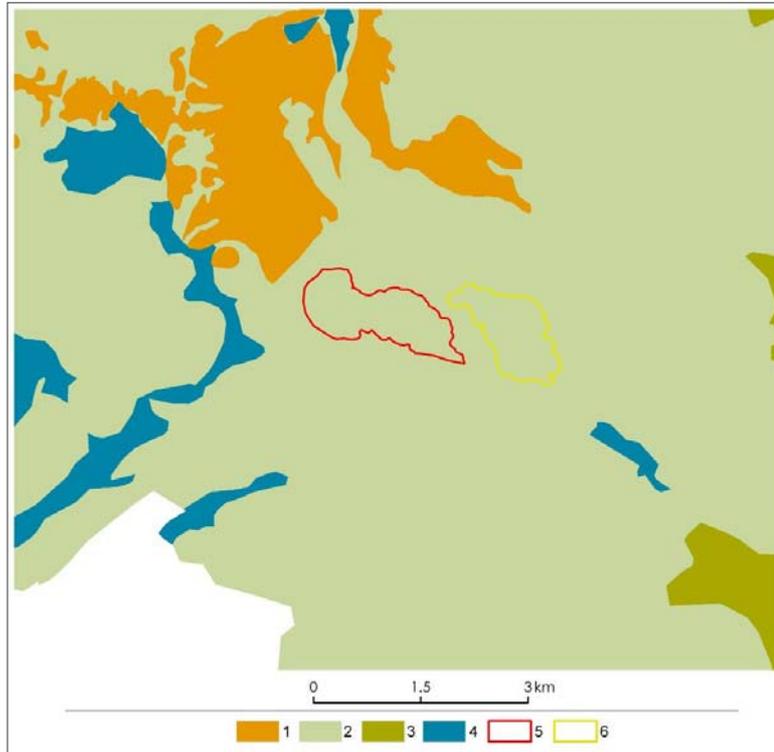


Figura 4.29.- Mapa de grandes unidades fisiográficas de la zona correspondiente a las canteras A y B. 1: lapiaz; 2: relieve alomado; 3: relieve encajado de valle; 4: valle fluvial; 5: cantera A; 6: cantera B.

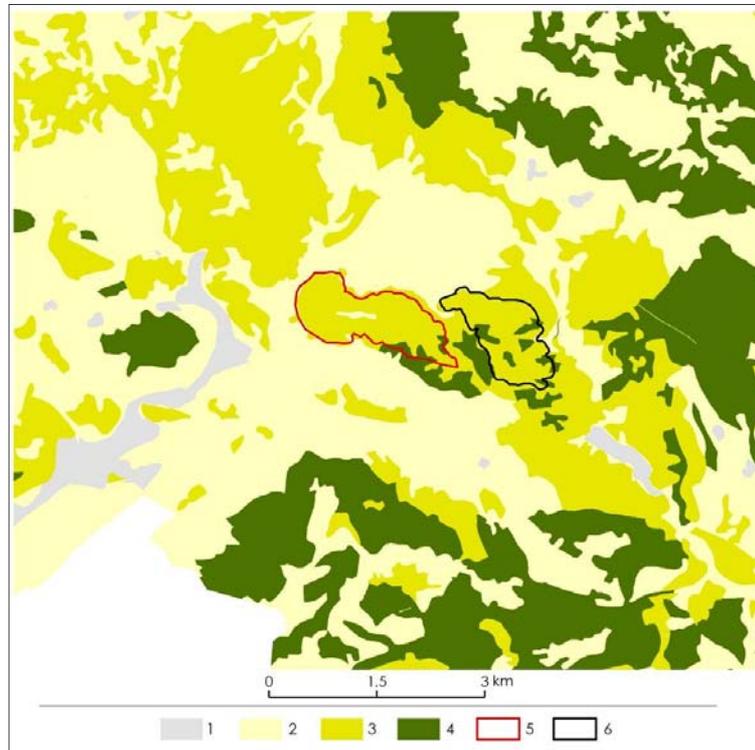


Figura 4.30.- Mapa de calidad visual de las unidades de paisaje de la zona correspondiente a las canteras A y B. 1: clase de calidad visual 2; 2: clase de calidad visual 3; 3: clase de calidad visual 4; 4: clase de calidad visual 5; 5: cantera A; 6: cantera B.

A estos valores de calidad visual de las unidades de paisaje se ha aplicado el factor de corrección de calidad (Qcf, ya descrito anteriormente) y se han calculado los valores de impacto visual para las dos canteras.

Para calcular el Qcf se ha considerado la calidad visual de la franja alrededor de la cantera, con una anchura de 500 metros (Figura 4.31). Esta franja es la que determina en mayor medida el contraste entre la nueva forma y el paisaje circundante. A distancias mayores, el contraste se minimiza. La calidad visual de esa franja en conjunto se ha calculado como la media ponderada (en proporción a la superficie ocupada) de la calidad visual de las unidades que la constituyen que ha sido de 3,5 para el entorno de la cantera A y 3,77 para el entorno de la cantera B. Esa calidad es la que se ha utilizado para obtener el Qcf (Figura 4.11) y calcular el impacto visual ($IV = MEV \times Qcf$).

El impacto visual, lógicamente, tiene un valor numérico menor que la MEV y refleja que la calidad visual del entorno de las canteras es, en general, media. Según se observa en la Tabla 4.26, el impacto de la cantera B es mucho mayor que el de la cantera A. Eso se debe a que la MEV de aquella es mayor; y también a que la calidad visual de su entorno es más alta.

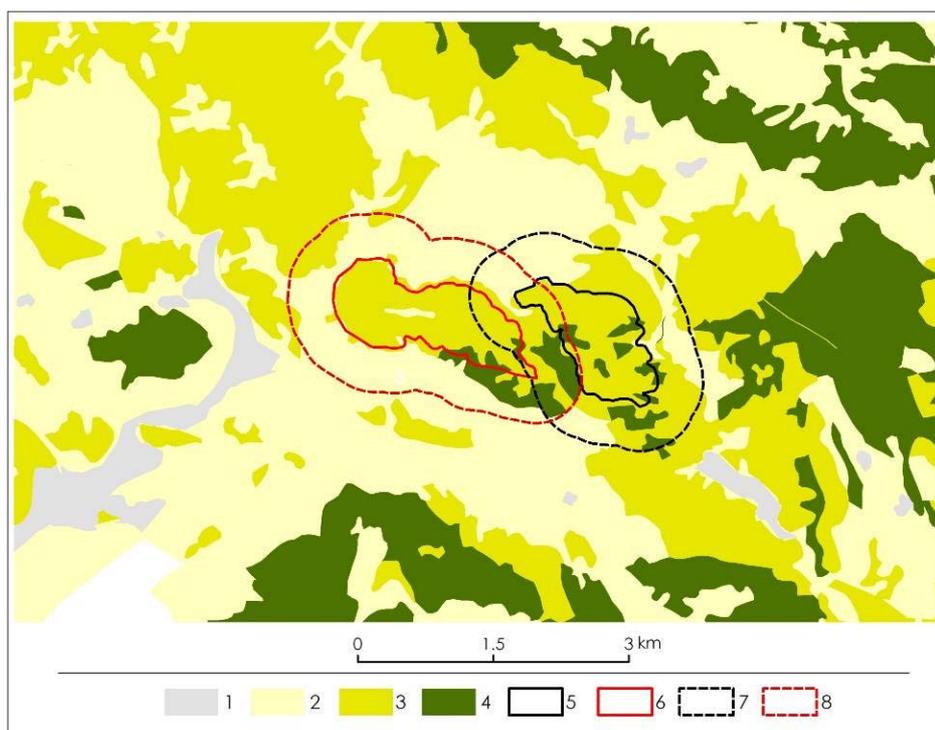


Figura 4.31.- Franjas alrededor de las canteras A y B para la determinación de la calidad visual ponderada. Los símbolos para la calidad visual tienen el mismo significado que en la Figura 4.30. 7: “buffer” de 500 m alrededor de la cantera B; 8: “buffer” de 500 m alrededor de la cantera A.

Con el fin de poder apreciar de manera más intuitiva y expresar los valores anteriores en términos significativos para la percepción del público, se ha hecho una comparación entre la MEV de las explotaciones simuladas y las de otras canteras que

puedan servir como referencia. Se han seleccionado tres canteras para la comparación. Dos de ellas son grandes canteras muy visibles Por su proximidad a las autopistas: la cantera de calizas de Santullán, cercana a la autopista Santander-Bilbao (Figura 4.32) y la cantera de margas de cementos ALFA en Mataporquera, junto a la autopista Santander-Palencia (Figura 4.33). La tercera es una pequeña cantera de calizas, con muy baja visibilidad, en la zona meridional de Cantabria (Figura 4.34).



Figura 4.32.- Vista aérea de la cantera de Santullán.



Figura 4.33.- Vista aérea de la cantera de Mataporquera.



Figura 4.34.- Vista aérea de la cantera en la zona meridional de Cantabria.

Tabla 4.26.- Valores de impacto visual ($VI = MEV \times Qcf$) obtenidos para las dos canteras utilizando la media ponderada de la calidad visual para las canteras A y B.

	cantera A			cantera B		
	MEV	MEV/m ²	VI	MEV	MEV/m ²	VI
3 km	2.493,60	0,0019	1.745,52	4.242,60	0,0036	3.181,95
2 km	1.887,18	0,0012	1.321,03	2.421,00	0,0020	1.815,75

En la Tabla 4.27 se muestran los valores obtenidos para las citadas canteras. Se aprecia que, para una distancia de 3000 m, la MEV de las canteras simuladas es entre 2 y 4 veces menor de los valores obtenidos para las canteras de Sámano y Mataporquera. Por el contrario, la MEV de las canteras A y B es mucho más grande, que la MEV de la pequeña cantera de Valdeolea. Esto es lógico, ya que esta cantera tiene 16.000 m², en contraposición con los 1,5 km² y 1,16 km² respectivamente, de las canteras A y B. Si se consideran los valores normalizados (MEV/m²), la diferencia resulta mucho más marcada. Las canteras simuladas tienen valores de MEV/m² 1-2 órdenes de magnitud inferiores que las canteras de referencia (Tablas 4.26 y 4.27).

Tabla 4.27.- Valores del área de visibilidad, potenciales espectadores, magnitud de los efectos visuales y MEV normalizados obtenidos para las tres canteras utilizadas como términos de comparación (radio de 3km).

Cantera en Sámano				Cantera en Valdeolea				Cantera en Mataporquera			
AV (km ²)	VP (n° hab)	MEV		AV (km ²)	VP (n° hab)	MEV		AV (km ²)	VP (n° hab)	MEV	
		(km ² × hab)	/m ²			(km ² × hab)	/m ²			(km ² × hab)	/m ²
9,13	1.982	18.096	0,049	6,48	30	194	0,012	8,39	1.358	11.393	0,51

Pero los conceptos y herramientas presentados permiten no solo evaluar los efectos visuales de las canteras (o de cualquier otra actuación). También es posible aplicarlos para el diseño y análisis comparativo de medidas de mitigación.

Las medidas de mitigación más evidentes consisten en la instalación de barreras visuales, deseablemente de arbolado, por tratarse de una zona rural. Las barreras pueden instalarse de forma que rodeen totalmente el área emisora de vistas (la cantera) o bien de manera selectiva, en los principales puntos receptores de vistas (núcleos de población y carreteras).

Con el fin de comparar ambas estrategias se han llevado a cabo dos simulaciones distintas. En la primera se ha supuesto la implantación de una barrera de arbolado de 15 metros de altura, rodeando todo el perímetro de la cantera A. Esa barrera se puede crear con álamo temblón o con coníferas de crecimiento rápido. Se ha simulado en el MDE dicha barrera, que tendría una longitud de 6420 metros, y se ha calculado la MEV resultante (Tabla 4.28). Se aprecia que la barrera de arbolado reduciría la MEV casi un

50%. La MEV/m² sería ahora 3 órdenes de magnitud inferior a la de las canteras de referencia.

Tabla 4.28.- Valores de área de visibilidad, población y magnitud de los efectos visuales con y sin barrera de arbolado, para la cantera A.

SIN BARRERA				CON BARRERA			
AV (km ²)	VP (n° hab)	MEV (km ² × hab)	MEV/m ²	AV (km ²)	VP (n° hab)	MEV (km ² × hab)	MEV/m ²
13,29	142	1.887,18	0,0012	7,07	142	1.003,9	0,0006

Por otro lado, se ha hecho un análisis de los puntos receptores de vistas desde los cuales se percibe una mayor extensión de la citada cantera (los que sufren el mayor impacto). Para esto, se ha determinado la superficie de cantera que se ve desde cada uno de los píxeles del área de visibilidad. Es lo que denominamos el “grado de visión”. El resultado se muestra en el mapa de Figura 4.35, donde se ven las “áreas de impacto visual significativo” (intersección de núcleos y carreteras con zonas de alto grado de visión).

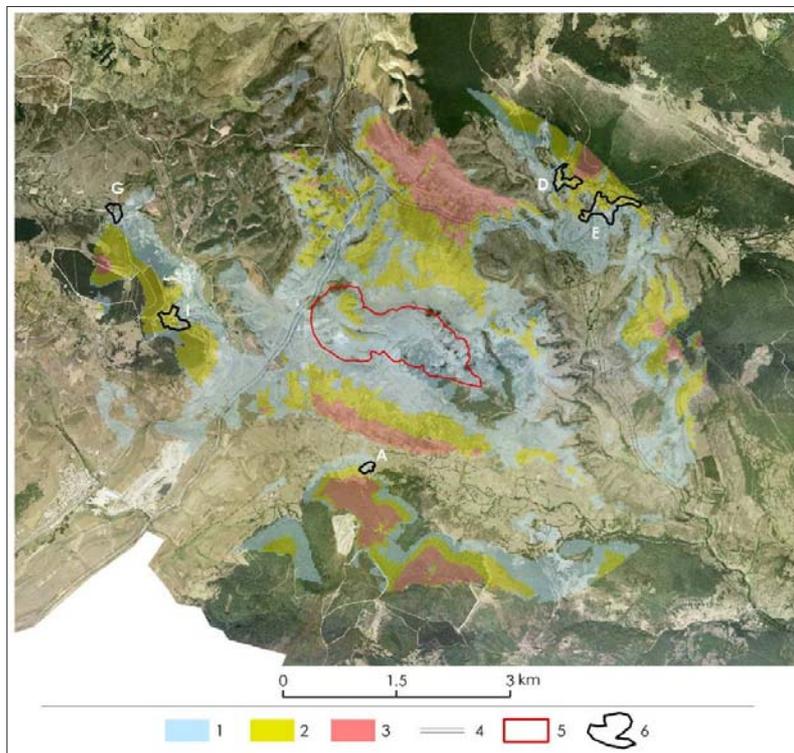


Figura 4.35.- Mapa mostrando el “grado de visión” de la cantera A desde los puntos receptores de vistas. 1: grado de visión bajo (< 23% de la superficie de la cantera A); 2: grado de visión medio (24-48% de la A); 3: grado de visión alto (49-71% de la A); 4: carretera; 5: límite cantera A; 6: núcleos de población afectados.

Se aprecia claramente que solamente hay tres núcleos de población y un sector de carretera ubicados en áreas con alto o medio grado de visión de la cantera. Por tanto, si la barrera visual se instala junto a dichos puntos receptores, se podría eliminar la mayor parte del efecto visual. La Figura 4.36 presenta el MDE modificado, para incluir las barreras visuales simuladas. En las Figuras 4.37a, b y c se muestra la variación del área de visibilidad y del grado de visión que se lograría con las citadas barreras en las distintas zonas de actuación. Se constata claramente que la actuación sobre esos cuatro puntos receptores de vistas, que concentran la mayor parte del impacto visual, podría reducir drásticamente éste, pero con una actuación más limitada y un coste más bajo que la solución anterior.

La actuación sobre los puntos receptores “eliminaría” 112 personas de la población afectada, con lo que la MEV se reduciría en un 78%. Además, tendría también efecto sobre la carretera (no incluida en el cálculo inicial de la MEV); esto es, produciría una mitigación adicional. Todo ello, con 2.644 metros de barrera, en vez de los 6.420 metros necesarios para actuar alrededor del foco emisor de vistas.

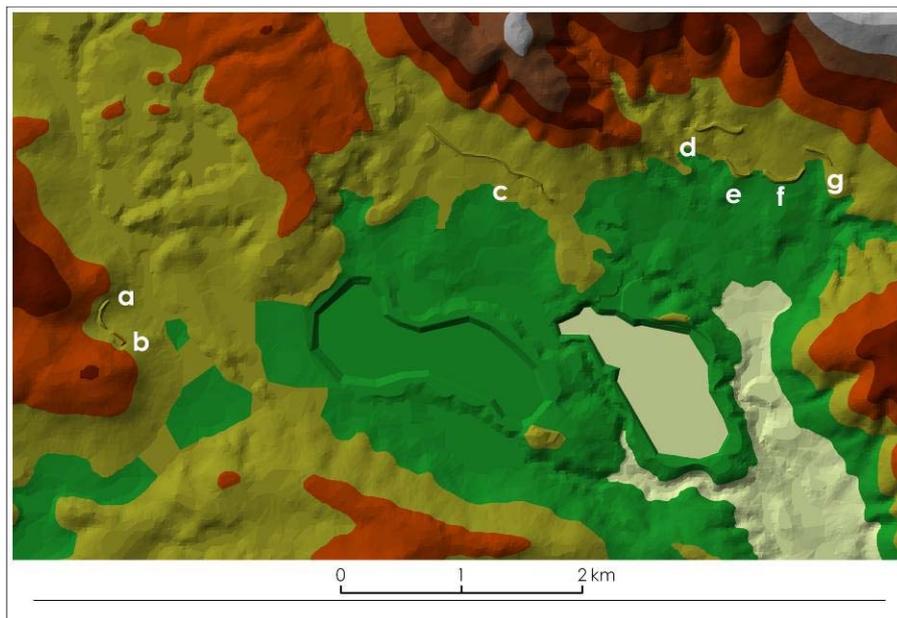


Figura 4.36.- Sector de MDE modificado para simular las barreras visuales; las letras indican la ubicación de las mismas.

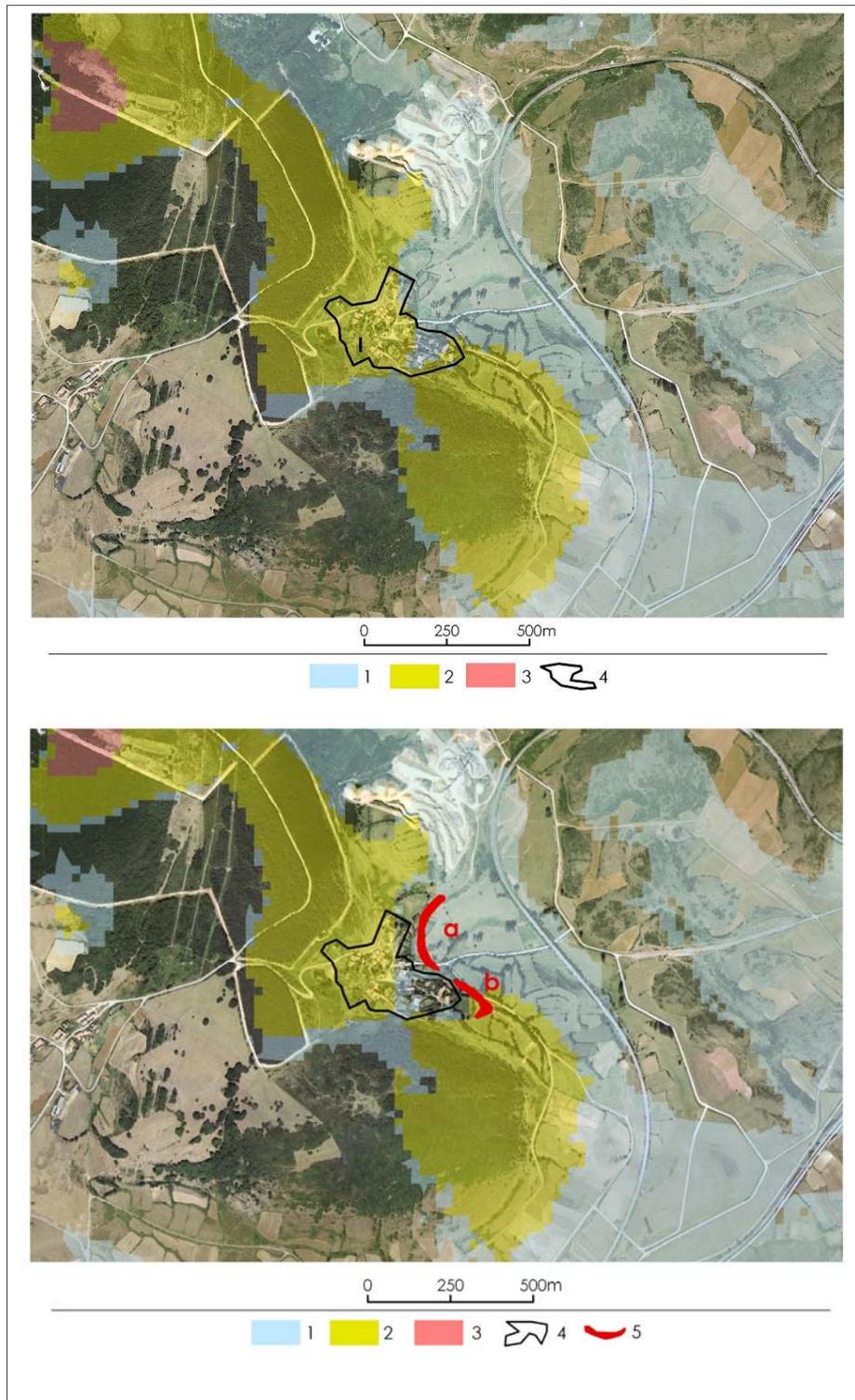


Figura 4.37a. – Área de visibilidad y grado de visión de la cantera sin barrera de arbolado (arriba) y con barrera de arbolado (abajo) junto a un núcleo de población. 1: grado de visión bajo (< 23%); 2: grado de visión medio (24-48%); 3: grado de visión alto (49-71%); 4: núcleo de población; 5: barrera.

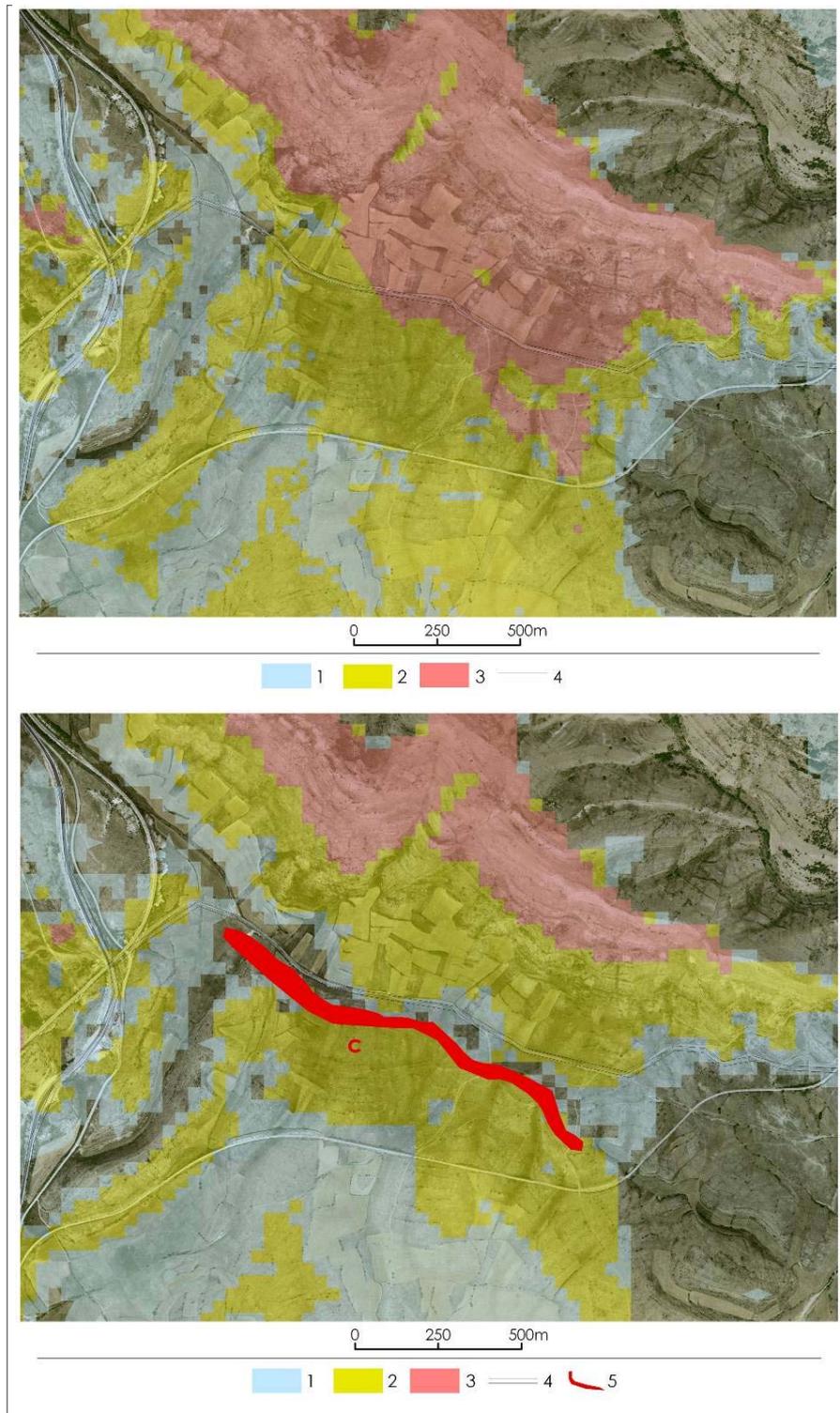


Figura 4.37b. – Área de visibilidad y grado de visión de la cantera sin barrera de arbolado (arriba) y con barrera de arbolado (abajo) junto a la vía de comunicación más afectada. 1: grado de visión bajo (< 23%); 2: grado de visión medio (24-48%); 3: grado de visión alto (49-71%); 4: núcleo de población; 5: barrera.

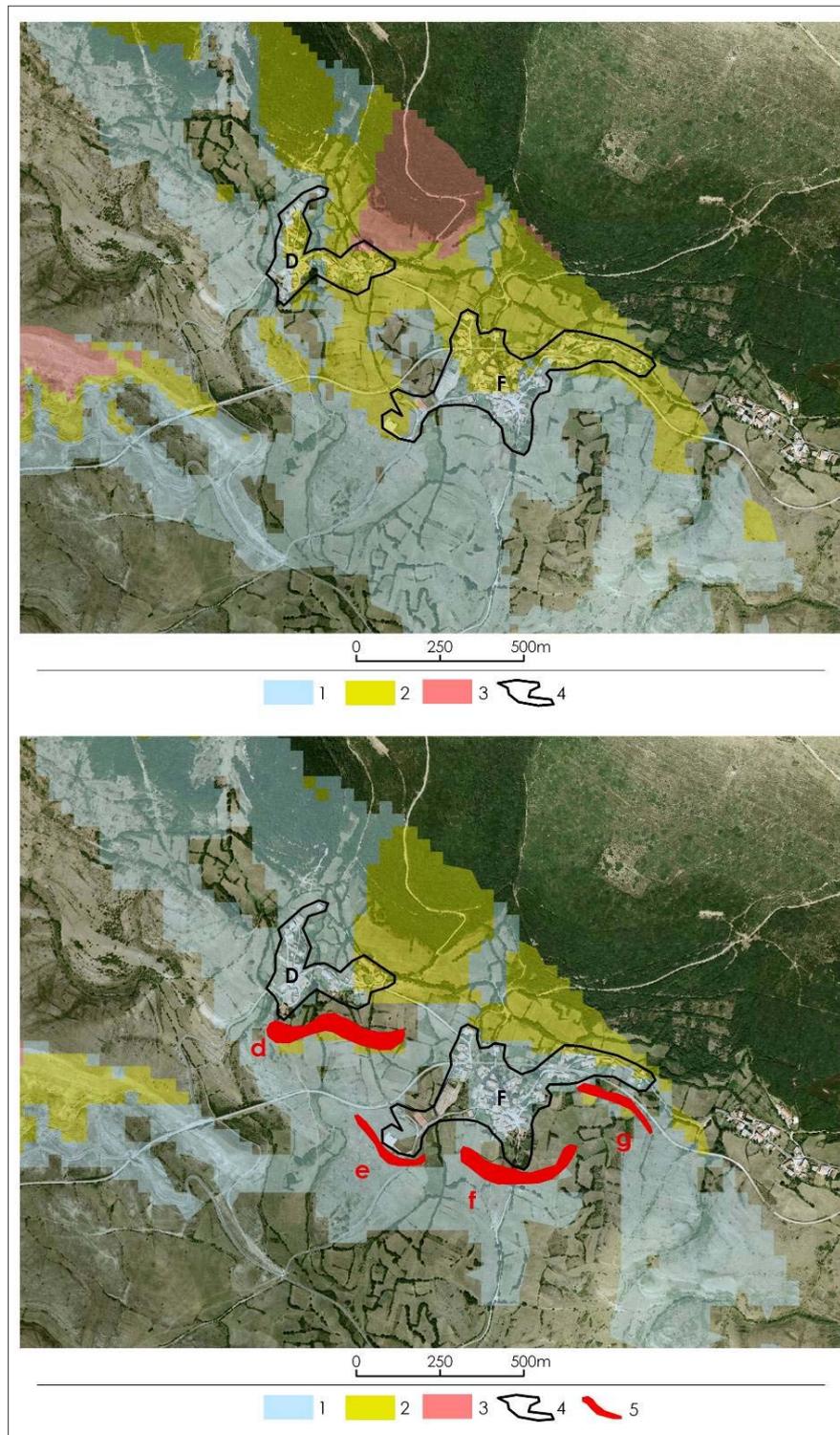


Figura 4.37c. – Área de visibilidad y grado de visión de la cantera sin barrera de arbolado (arriba) y con barrera de arbolado (abajo) junto a dos núcleos de población. 1: grado de visión bajo (< 23%); 2: grado de visión medio (24-48%); 3: grado de visión alto (49-71%); 4: núcleo de población; 5: barrera.



Figura 4.38.- Simulación de la extensión máxima que alcanzarían las canteras, sin ningún tipo de acción mitigadora.

En resumen, la mitigación en los puntos receptores resulta más eficiente que en el foco emisor. Si en vez de hacer el análisis para una de las canteras simuladas se hace para las dos, es evidente que el desequilibrio a favor de la primera solución sería más marcado aún, ya que la diferencia entre las longitudes de las barreras sería mucho más acusada (se duplicaría aproximadamente la longitud de la barrera junto a los focos emisores pero solo aumentaría ligeramente la de los puntos receptores).

Finalmente, la herramienta de simulación permite también evaluar la eficiencia de las medidas de mitigación o de rehabilitación posteriores a la finalización de la explotación. En la Figura 4.38 se ha simulado la extensión máxima que alcanzarían las canteras, sin ningún tipo de acción restauradora. Las Figuras 4.39 y 4.40 presentan vistas simuladas, aéreas y desde el terreno, con la nueva topografía creada por la explotación, sobre la cual se ha reimplantado vegetación, con un grado de cobertura similar al actual. Se ve claramente que se podría lograr un grado de renaturalización e integración muy considerable.

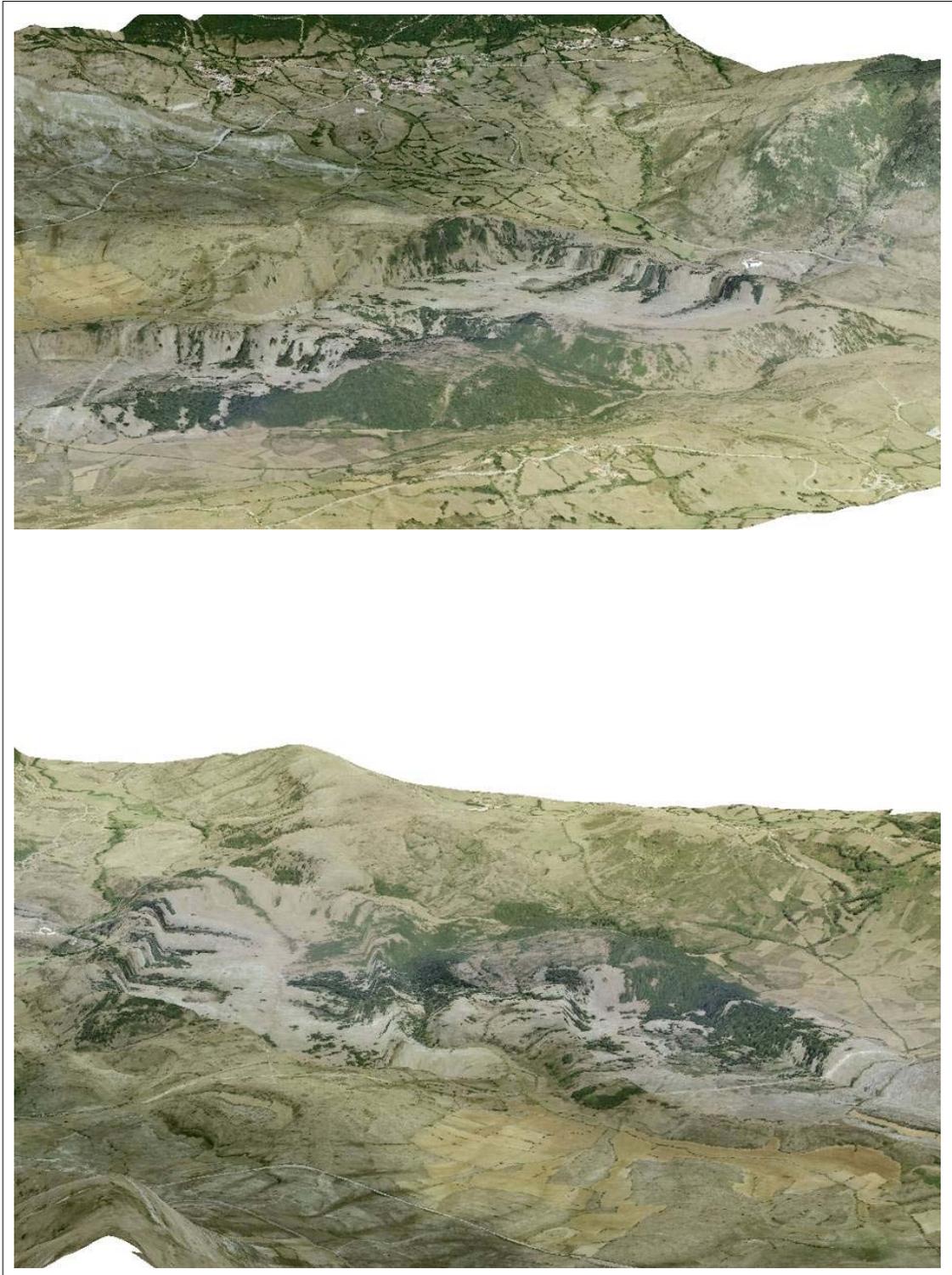


Figura 4.39.- Vistas aéreas simuladas de las canteras con el aspecto que podrían tener al final de la explotación, simplemente con una reimplantación parcial de vegetación en las mismas.

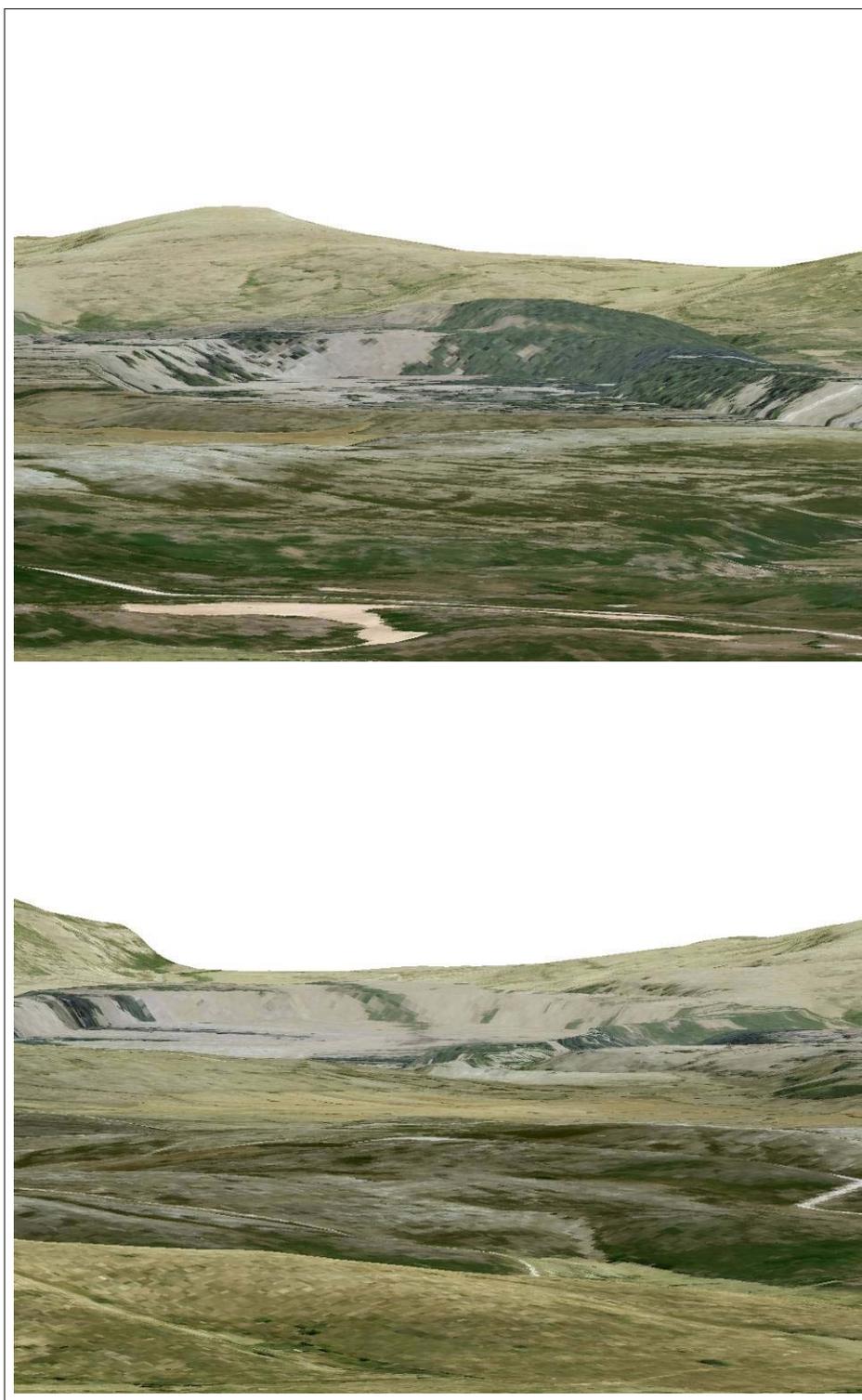


Figura 4.40.- Vistas simuladas de las canteras “desde el terreno” con una reimplantación parcial de vegetación. Se aprecia la presencia del escarpe parcialmente repoblado.

HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL ANÁLISIS DEL PAISAJE VISUAL

A través de los tres casos de estudio anteriores se ha puesto de manifiesto que es posible aplicar procedimientos, con un nivel elevado de cuantificación, que sirvan para evaluar “a priori” los impactos visuales derivados de distintas modificaciones que se produzcan en el paisaje, y también la eficiencia de las medidas de mitigación a implantar. Es decir, se puede evaluar la capacidad de un paisaje para absorber determinadas modificaciones sin que se vean alteradas las cualidades visuales que percibe el espectador. Este tipo de análisis resulta cada vez más necesario. Por ello, conviene que se incorpore a las prácticas habituales de los estudios, evaluaciones y diseños de diferentes actuaciones. Dicha incorporación puede facilitarse a través del desarrollo de herramientas informáticas que permitan la realización de análisis como los descritos por parte de las empresas del sector de consultoría.

El desarrollo de ese tipo de herramienta es algo que se ha abordado como parte del esfuerzo dedicado a la mejora de los procedimientos de EIA antes descritos (Otero et al., 2004; Bonachea et al., 2005; Bruschi et al., 2006) y que se presenta a continuación.

En la Figura 4.41, se presenta un diagrama de flujo que explica el procedimiento de identificación de las áreas de una determinada zona de estudio, que resultan más perjudicadas desde el punto de vista del impacto visual (“áreas con impacto visual significativo”). El procedimiento, en el caso de la autopista (apartado 4.2), es el siguiente.

Se elaboran los mapas de base a partir de los cuales es posible, de forma automática, llegar a la identificación de las unidades SVI; densidad de habitantes (PD), geometría de la autopista (MG), unidades de paisaje (LU), “buffer” de la autopista (RB). El mapa de unidades del paisaje se elabora, como se ha descrito en los casos anteriores, teniendo en cuenta la vegetación y uso del suelo, la morfología y la ocupación humana, todo ellos clasificados según la calidad visual.

La intersección entre el mapa de unidades de paisaje (LU) y el mapa que representa la geometría de la autopista (MG) permite identificar las unidades de paisaje afectadas por la nueva estructura (MSLU).

Los núcleos urbanos y las principales vías de comunicación son los lugares donde se concentra el mayor número de potenciales espectadores. La unión del mapa de densidad de habitantes (PD) con el de las principales vías de comunicación, considerando un “buffer” a su alrededor, proporciona las zonas de grandes efectos visuales (GVE).

A través de la aplicación informática se obtienen las áreas de visibilidad de los sectores de autopista (VS).

La intersección de las áreas de visibilidad de los sectores de autopista (MSLU) y las zonas de grandes efectos visuales (GVE) define las zonas donde la presencia de una nueva estructura produce los impactos visuales más significativos (SVI). Estas áreas son las más sensibles a las modificaciones, desde el punto de vista de la percepción visual. El área restante se divide en dos tipologías, una parte que no es visible desde la nueva

estructura y otra parte en la que no hay presencia de potenciales espectadores, por lo que también el impacto visual será nulo en ambas.

Como se ha descrito anteriormente, una vez obtenidos los datos sobre el número de espectadores y el área de visibilidad, es posible determinar cuantitativamente la magnitud del efecto visual (MEV), el impacto visual y su traducción a términos significativos.

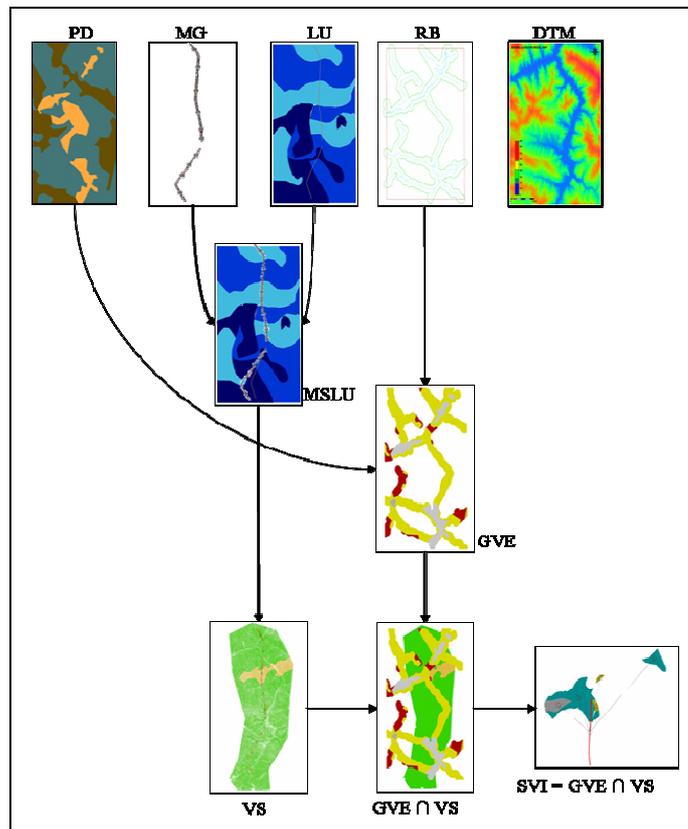


Figura 4.41.- Diagrama metodológico para la obtención de las “áreas con impacto visual significativo” (SVI; Reproducido de Otero et al, 2004).

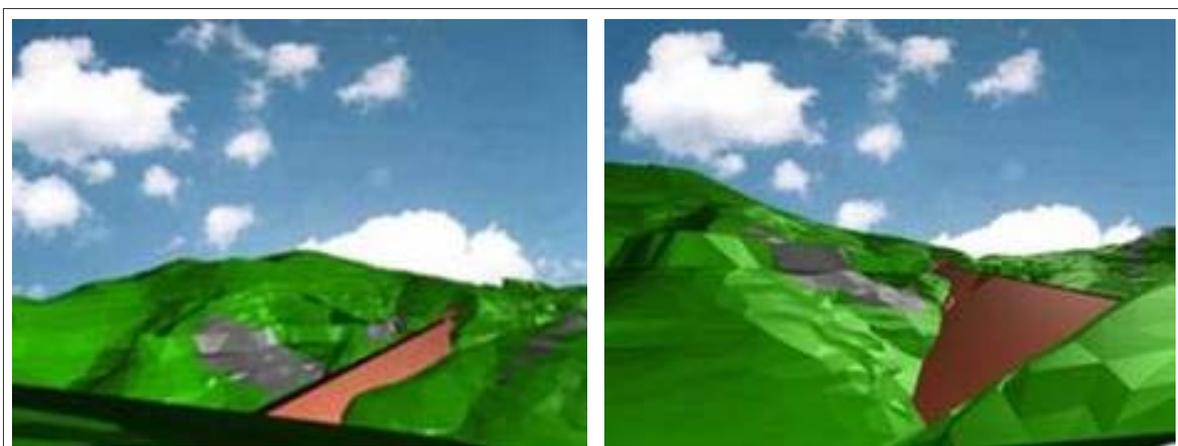


Figura 4.42.- Simulación automática de vistas para las alternativas de taludes de la autopista (Reproducido de Bruschi et al., 2006).

Este procedimiento, totalmente automático, además permite seleccionar aquellos puntos para los cuales la disminución de la calidad visual es máxima; es decir, donde el contraste entre el paisaje original y la nueva estructura es también máximo. Con el fin de analizar dicho contraste y averiguar la sensibilidad del paisaje a una intrusión visual, se han creado, de forma automática, unas simulaciones de vistas reales (RVF). En dichas imágenes (Figura 4.42) se aprecia el nuevo paisaje con la intrusión visual de la nueva estructura. De esta forma es posible percibir el nuevo paisaje y compararlo con el original. Una medida cuantitativa del grado de contraste entre la nueva estructura y el paisaje original o de la intensidad del impacto desde el punto de vista de la percepción, se puede expresar con el porcentaje de vista ocupado por dicha estructura. En este caso, la vista de la derecha resulta más impactante que la de la izquierda. Además, una aplicación de este tipo permite generar automáticamente muchas simulaciones de vistas (Figura 4.43), a partir de las cuales y por medio de encuestas, es posible establecer la “calidad del paisaje percibido” por parte del público (Kaplan et alii., 1972; Kaplan, 1975; Stamps, 1990; Stewart et al., 1984; Steinitz, 2001). El procedimiento aplicado en el caso de las canteras representa una ligera variante sobre el anterior, pero aplicando herramientas SIG de uso bastante generalizado (y con menor grado de automatismo). En el trabajo de Otero et al., (2004) y en el ANEXO 4-I se presenta una descripción detallada de la estructura y funcionamiento de la herramienta informática creada.



Figura 4.43.- Simulación automática de vistas. La imagen de arriba reproduce el paisaje existente y la de abajo el mismo paisaje con la autopista (reproducido de Otero et al, 2004).

4.4.- COMENTARIO FINAL

A lo largo de este capítulo se ha puesto de manifiesto como los conceptos y métodos desarrollados para caracterizar y evaluar los elementos del patrimonio geológico y la calidad del paisaje pueden aplicarse para generar herramientas que sirvan para facilitar el tratamiento de esos valores intangibles en los procesos de evaluación ambiental, ya sea en la EIA en sentido estricto (evaluación de proyectos) como en las evaluaciones estratégicas (de planes, en fases pre-proyecto). Esto representa una fase de “D + i”, dentro de este esfuerzo de I + D + i.

Según se ha mostrado, es posible expresar una parte considerable de las características que determinan la “calidad”, “valor”, “interés”, etc. de esos elementos sobre bases objetivas. Así, los valores intangibles se pueden expresar en gran medida por medio de expresiones numéricas. Dichas expresiones facilitan el proceso de evaluación de la magnitud de los cambios que se pueden producir en los citados elementos de la geodiversidad a través de distintos tipos de actuaciones humanas. Se puede así, por un lado, comparar los efectos de posibles soluciones alternativas. Por otro lado, se puede expresar el significado de los cambios citados en términos socialmente significativos, tales como valores monetarios. Por supuesto, la valoración monetaria que se indica no representa un gasto real y tiene aspectos discutibles, pero está basada en datos objetivos que reflejan realidades socio-económicas existentes. Esto, naturalmente, facilita la comparación e integración de este tipo de impactos con otros muy diferentes (contaminación acústica o atmosférica, destrucción de la vegetación o de suelos, etc.).

Los instrumentos conceptuales y metodológicos propuestos sirven para evaluar “a priori”, para distintas alternativas, los impactos de diferentes actuaciones sobre los citados valores intangibles. Eso resulta de especial utilidad en el caso del paisaje y para las evaluaciones de planes, ya que posibilitan el cálculo de las consecuencias de diferentes ubicaciones y diseños, teniendo en cuenta tanto los aspectos cualitativos del paisaje como los cuantitativos relacionados con la visibilidad de las nuevas estructuras. Además, proporcionan los medios para evaluar la eficiencia de distintas medidas de mitigación y seleccionar las que proporcionan la mejor relación mitigación/coste.

Los citados instrumentos conceptuales y metodológicos no solamente facilitan el análisis, descripción y evaluación de rasgos de la geodiversidad difíciles de expresar sobre bases objetivas, sino que han proporcionado el fundamento para el desarrollo de herramientas tecnológicas que hacen posible su incorporación a las prácticas profesionales.

Una de dichas herramientas es la que hace posible el tratamiento automático y la simulación de los efectos visuales de una nueva estructura (autopista y que se describe en el ANEXO 4-I). En otros casos, la herramienta tecnológica es mucho más sencilla y acude al uso de aplicaciones SIG existentes en el mercado (simulación de canteras).