

METHODOLOGY TO CALCULATE LANDSCAPE IMPACTS THROUGH AESTHETIC ATTRIBUTES. APPLICATION TO ROAD TRANSPORT INFRASTRUCTURES ON RURAL LANDSCAPES

Zubelzu Mínguez, Sergio ¹; Hernández Colomina, Ana ²

¹ Universidad Complutense de Madrid, ² ANSER Ingenieros SL

This paper presents a technique for quantifying landscape impacts from the implementation of infrastructures on rural landscapes. Proposed methodology takes into account perception in landscape characterization thanks to considering aesthetic attributes. In order to characterize these attributes in a simple, objective and systematized way, a set of variables measurable in photographs has been proposed. Landscape impacts from certain linear infrastructures (rural road, conventional and the same highway from two perspectives) have been calculated for testing developed method. Using photomontage techniques, the goodness of exposed method has been probed not only referred to attributes and landscape characterization but also referred to the alignment of results with population preferences for analyzed scenes.

Keywords: *Landscape; Landscape impact; Aesthetics attributes; Rural landscapes*

MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN OBJETIVA DE IMPACTOS PAISAJÍSTICOS MEDIANTE ATRIBUTOS ESTÉTICOS. APLICACIÓN PARA INFRAESTRUCTURAS VIARIAS SOBRE PAISAJES RURALES

En el presente artículo se expone una técnica para la cuantificación de los impactos paisajísticos derivados de la ejecución de infraestructuras viarias sobre paisajes rurales. Se ha desarrollado una estrategia que incorpora la percepción en la caracterización del paisaje gracias al uso de atributos formales. Para la caracterización de tales atributos se ha deducido una relación de variables medibles en fotografías que permiten cuantificarlos de forma objetiva, simple y sistematizable. Para probar la validez del método desarrollado se han estudiado los impactos paisajísticos derivados de la ejecución de un conjunto de infraestructuras varias (camino rural, carretera convencional y una misma autovía desde dos perspectivas) sobre un paisaje rural. Utilizando técnicas de fotomontaje se ha comprobado la validez del método no sólo en cuanto a la caracterización del paisaje y los atributos, sino también respecto de la adecuación de los resultados del modelo con las preferencias expresadas por la población para las escenas estudiadas.

Palabras clave: *Impacto paisajístico; Atributos estéticos; Paisajes rurales*

1. Introducción

Muchos han sido los métodos que se han desarrollado para valorar el paisaje y los efectos que sobre él ejercen las actividades potencialmente impactantes. Estos métodos proceden del campo de la gestión pública del paisaje (B.L.M., 1989) o del contexto científico (Arriaza et al, 2004; Howley, 2011; Ramírez et al 2001). También existen propuestas que, aun no siendo estrictamente métodos de valoración, analizan el efecto sobre las preferencias de determinadas actividades susceptibles de generar impactos sobre el paisaje (Deng et al, 2013; Franco et al, 2003; Ryan, 2012; Tempesta, 2010; Grammatikopoulou et al, 2012). Pero a pesar de la cantidad de métodos existentes para analizar el paisaje y su relevancia académica y científica, no existe un acuerdo claro entre la comunidad científica respecto del método adecuado para valorar los impactos que sobre el paisaje se ejercen consecuencia de la ejecución de proyectos.

Entre las razones que justifican esta falta de acuerdo cabe citar el carácter generalista de muchos de los métodos que no permiten un análisis específico ni desagregado de los impactos y que, por tanto, dificulta el diseño de las medidas preventivas y correctoras. También cabe citar entre los argumentos que motivan el desacuerdo la consideración de la subjetividad, elemento consustancial al paisaje y que debe ser tenido en cuenta aunque ello suponga manejar la subjetividad (Whewrret, 1996). Los modelos para valorar el paisaje deben incorporar la percepción en dos sentidos: en la caracterización del paisaje y en la consideración de la sociedad susceptible de percibirlo y valorarlo.

La primera de las exigencias implica caracterizar el paisaje incorporando la percepción como elemento nuclear sin recurrir a variables ecológicas que no tiene por qué guardar relación con las preferencias (Velázquez et al, 2012). Este desalineamiento entre objetivos ambientales y paisajísticos impone el descarte de los atributos ecológicos. El argumento apunta entonces hacia los atributos formales, más vinculados con los mecanismos de la percepción (Gobster y Chenoweth, 1989), pero que resultan complicados de definir y medir en los paisajes, su determinación está cargada de subjetividad y carecen de la sistematización exigible a cualquier método del que se esperan resultados comparables (Zhao et al, 2013).

La discusión se orienta hacia el tipo de método cuando se analiza el segundo condicionante impuesto por la percepción, la consideración de la sociedad. Los métodos directos incorporan de forma automática a la sociedad puesto que requieren de ella para cualquier valoración. Esto constituye sin embargo su mayor inconveniente debido a la falta de operatividad de este proceso. Sin embargo, los métodos indirectos no siempre consideran la percepción pero resuelven los problemas de operatividad al no requerir de la población para deducir el valor del paisaje.

Parece a la vista de lo anterior que, a pesar del desacuerdo existente en torno a los métodos, desde un punto de vista teórico, el punto de partida óptimo para construir un modelo para valorar los impactos paisajísticos lo constituye la combinación atributos formales y métodos indirectos siempre que se resuelvan los inconvenientes achacados a ambos. Este ha sido el origen de los trabajos expuestos en la presente comunicación cuyo objetivo principal ha sido desarrollar un método para cuantificar los impactos paisajísticos derivados de la ejecución de las actividades potencialmente impactantes.

2. Metodología

Para la consecución de los objetivos anteriores se ha seleccionado un tipo de paisaje (paisaje cerealístico en la Comarca de La Moraña, Ávila) y un tipo de infraestructuras específicos. Posteriormente se diseñó una estrategia para medir de forma objetiva y

sistematizable los atributos formales y definir una metodología para cuantificar los impactos paisajísticos de forma desagregada y detallada.

2.1. Selección del tipo de paisaje e infraestructuras impactantes

Se ha seleccionado una fotografía base carente de singularidades sobre la que se ha simulado mediante fotomontaje la ejecución de una serie de infraestructuras viarias (un camino rural, una carretera convencional y una misma autovía desde dos perspectivas diferentes). Todas las escenas se incluyen en la figura 1.

Figura 1. Fotografía base y fotomontajes incluyendo las infraestructuras impactantes



2.2. Atributos y variables para la cuantificación del paisaje

De entre la relación de atributos formales existentes, se ha optado por utilizar los propuestos por Sardon et al (1979): colores, líneas, formas, textura, composición espacial y escala por su razonable aptitud para la medición objetiva y por su relación con la percepción humana (Zeki, 2001). Se ha trabajado con fotografías de dimensiones 100×75 cm, para facilitar la caracterización de los atributos, y 3.664×2.748 píxeles. Sobre ellas se han medido los atributos insertándolas en AutoCAD para medir las variables referidas a líneas, formas, textura, composición espacial y escala y utilizando el software ImageJ para medir el color.

1. Color

Para caracterizar el color se ha utilizado el modo RGB en el que cada píxel queda caracterizado por la luminosidad, que varía entre 0 y 255, asociada a cada una de las tres gamas de color: rojo, verde y azul. Las variables empleadas se especifican en la tabla 1.

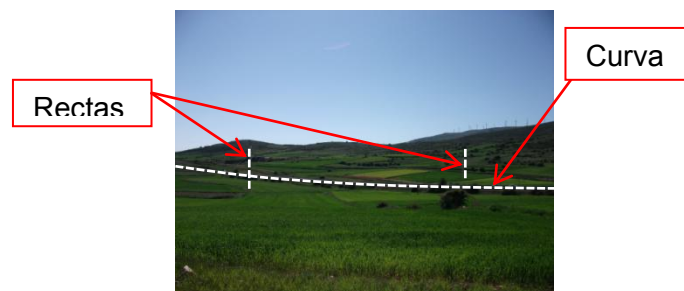
Tabla 1. Variables empleadas para la cuantificación del atributo color

Rojo	Verde	Azul
Luminosidad Media	Luminosidad Media	Luminosidad Media
Desviación típica	Desviación típica	Desviación típica

2. Líneas

Las líneas en un paisaje nacen como consecuencia de la existencia de contrastes en el color, la textura o las formas, y definen un camino real o imaginario que guía la vista (Sardon et al, 1979). Únicamente se han identificado en las escenas líneas rectas (unen dos puntos sin cambios de dirección) y curvas (por aproximación a arcos de circunferencia) y cualquier línea debe quedar definida a partir estas dos clases. En la figura 2 se incluyen ejemplos de líneas rectas y curvas identificadas en una misma escena.

Figura 2. Ejemplos de líneas rectas y curvas en una fotografía



Con estos condicionantes se ha modelizado cada línea presente en la fotografía sobre el software citado y se han medido las variables expuestas en la tabla 2.

Tabla 2. Variables empleadas para la cuantificación del atributo líneas

LÍNEAS RECTAS		LÍNEAS CURVAS	
Número de líneas rectas		Número de líneas curvas	
Longitud media	Desv. típica longitud media	Longitud media	Desv. típica longitud media
Ángulo medio	Desv. típica ángulo medio	Radio medio	Desv. típica radio medio

3. Formas

Las formas se definen como el volumen o la superficie de un objeto que aparece unificado tanto por su configuración en la superficie del terreno como sobre el conjunto del paisaje (Español, 1997). Para identificar una forma en la imagen debe tratarse de un área homogénea representada en una imagen en dos dimensiones y poder delimitarse mediante un contorno identificable que contraste sobre un fondo continuo.

Para caracterizar las formas se ha recurrido a su geometría y complejidad en los términos descritos por Sardon et al (1979), unificándose las dos clases intermedias para simplificar su identificación en las fotografías. Las variables propuestas se exponen en la tabla 3.

Tabla 3. Variables empleadas para la cuantificación del atributo formas

Geometría		Complejidad	
Número de formas geométricas		Número de formas simples	
Geométricas	Superficie media	Simples	Superficie media
Desviación típica superficie		Desviación típica superficie	
Intermedias	Número de formas intermedias	Intermedias	Número de formas intermedias

Geometría		Complejidad	
Superficie media		Superficie media	
Desviación típica superficie		Desviación típica superficie	
Número de formas amorfas		Número de formas complejas	
Amorfas	Superficie media	Complejas	Superficie media
Desviación típica superficie		Desviación típica superficie media	

Dentro de las categorías extremas según geometría (geométricas y amorfas) y complejidad (simples y complejas) únicamente deben incluirse aquellas que de manera muy evidente satisfagan tales requisitos, siendo las clases intermedias adecuadas para incluir las formas que no los cumplieren. En la figura 3 se incluyen ejemplos de caracterización de formas.

Figura 3. Ejemplos de tipos de formas con arreglo a la geometría y la complejidad



4. Textura

La textura en una escena viene definida por la agregación de pequeños elementos (granos) que constituyen un patrón continuo (Smardon et al, 1979). Para caracterizar la textura se recurre a las tres categorías (fina, media, gruesa) utilizadas por estos autores pero definiendo límites objetivos que permitan clasificar los granos en las escenas según su superficie:

- Grano fino: $S_{grano} < 10 \text{ cm}^2$.
- Grano medio: $10 \leq S_{grano} < 100 \text{ cm}^2$.
- Grano grueso: $S_{grano} \geq 100 \text{ cm}^2$.

La propuesta de variables para la medición de la textura se incluye en la tabla 4.

Tabla 4. Variables empleadas para la cuantificación del atributo textura

Finos	Medios	Gruesos
Número de granos finos	Número de granos medios	Número de granos finos
Superficie media	Superficie media	Superficie media
Desviación típica superficie media	Desviación típica superficie	Desviación típica superficie

Un elemento debe medirse como grano en el seno de la textura y no como forma cuando se repite en la escena hasta constituir un patrón identificable. En la figura 4 se incluyen sendos ejemplos de elementos que constituyen formas y textura en cada una de las escenas.

Figura 4. Diferencias entre elementos que constituyen textura o formas



Textura



Formas

5. Composición espacial

La composición espacial alude a la disposición tridimensional de los objetos y huecos presentes en el paisaje (Smardon et al, 1979). Para salvar la subjetividad inherente a la propuesta de estos autores, se han definido variables (tabla 5) orientadas no tanto a catalogar los diferentes tipos de composición espacial sino a medir los elementos que conducen a tal composición.

Tabla 5. Variables empleadas para la cuantificación del atributo composición espacial

Líneas horizonte rectas		Líneas horizonte curvas	
Número de líneas rectas		Número de líneas curvas	
Longitud media	Desv. típica longitud media	Longitud media	Desv. típica longitud media
Ángulo medio	Desv. típica ángulo medio	Radio medio	Desv. típica radio medio
Superficie cielo		Superficie resto	

6. Escala

En el presente trabajo, en una línea similar a la definida por Arriaza et al (2004), se consideran incluidos dentro del atributo escala todos los elementos que contrasten con el entorno independientemente de que fuesen incorporados por el proyecto o que existiesen en la escena antes de su ejecución. Las variables utilizadas se exponen en la tabla 6.

Tabla 6. Variables empleadas para la cuantificación del atributo escala

Número de elementos	Superficie media	Desviación típica superficie media
---------------------	------------------	------------------------------------

3.2 Análisis del contraste

Para cuantificar el contraste se propone el empleo de tasas de variación para cada una de las variables expuestas en las tablas 1 a 6. La expresión utilizada se expone en la fórmula 1:

$$\Delta X_i = \frac{X_i^1 - X_i^0}{X_i^0} \quad (1)$$

En la fórmula 1, ΔX_i representa la tasa de variación referida a la variable i , X_i^0 y X_i^1 se refieren a los valores de la variable i en las situaciones previa (0) y posterior (1) a la ejecución de la actividad cuyo impacto se desea analizar. La equivalencia entre la tasa anterior y las clases cualitativas habituales se incluye en la tabla 7.

Tabla 7. Definición y cuantificación de las categorías de contraste consideradas

Categoría contraste	Rango δx_i	Categoría contraste	Rango δx_i
Compatible	$0 < \Delta X_i \leq 0,25$	Severo	$0,75 < \Delta X_i < 1$
Moderado	$0,25 < \Delta X_i \leq 0,75$	Crítico	$ \Delta X_i \geq 1$

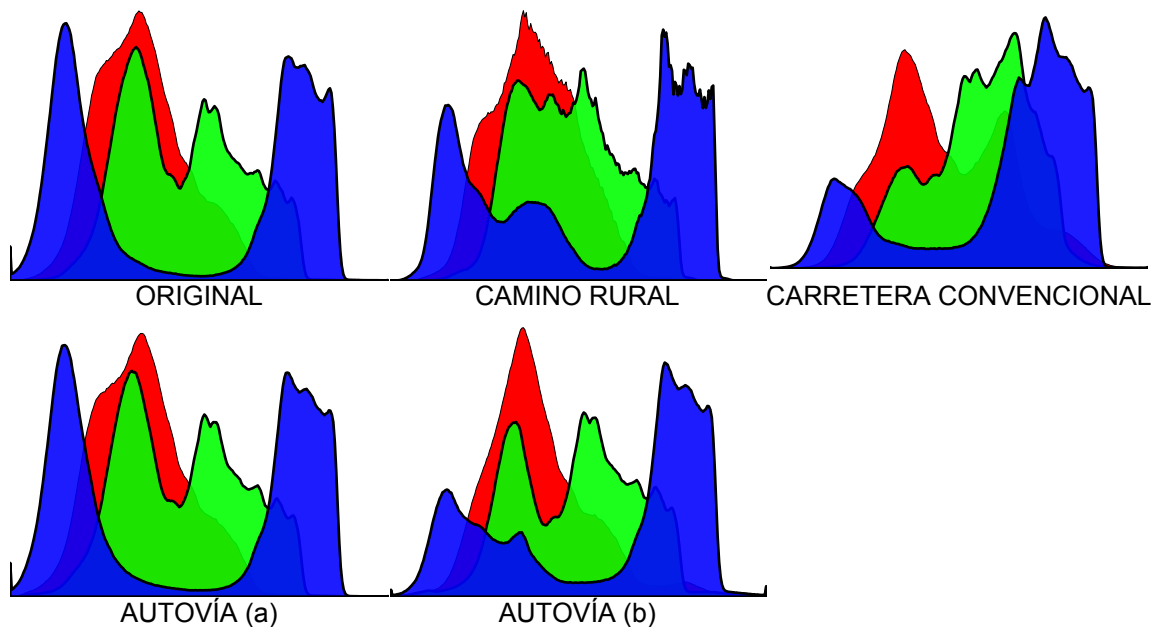
La tasa de variación expuesta en la fórmula 1 plantea el problema de los casos en los que la variable en cuestión adoptase el valor cero para la imagen original. En estos casos se ha supuesto el contraste cualitativo máximo (crítico) al incorporarse un elemento que no existía en la escena original y se les ha asignado el valor uno.

Para validar los contrastes con arreglo a la percepción de la población se ha realizado una encuesta sobre una muestra de 125 individuos a los que se solicitó que valorasen las fotografías con arreglo a una escala entre 1 (no me gusta nada) y 4 (me gusta mucho).

3. Resultados y discusión

Se ha realizado una caracterización de cada una de las variables expuestas en las tablas 1 a 6 tanto para la fotografía original como para las simulaciones. El primero de los atributos analizados ha sido el color, cuyos histogramas se incluyen en la figura 5.

Figura 5. Caracterización del atributo color en cada una de las fotografías analizadas



La técnica para la medición del color definida es más objetiva y sistematizable que la expuesta en los trabajos de Smardon et al (1979), B.L.M. (1980), Arriaza et al (2004) o Cañas y Ruiz (2001), asemejándose más a la propuesta de García Moruno (1998) sobre la que aporta la ventaja de permitir un análisis más completo al referirse a toda la fotografía y no únicamente al contraste del elemento incorporado. Los histogramas de la figura 5 y las

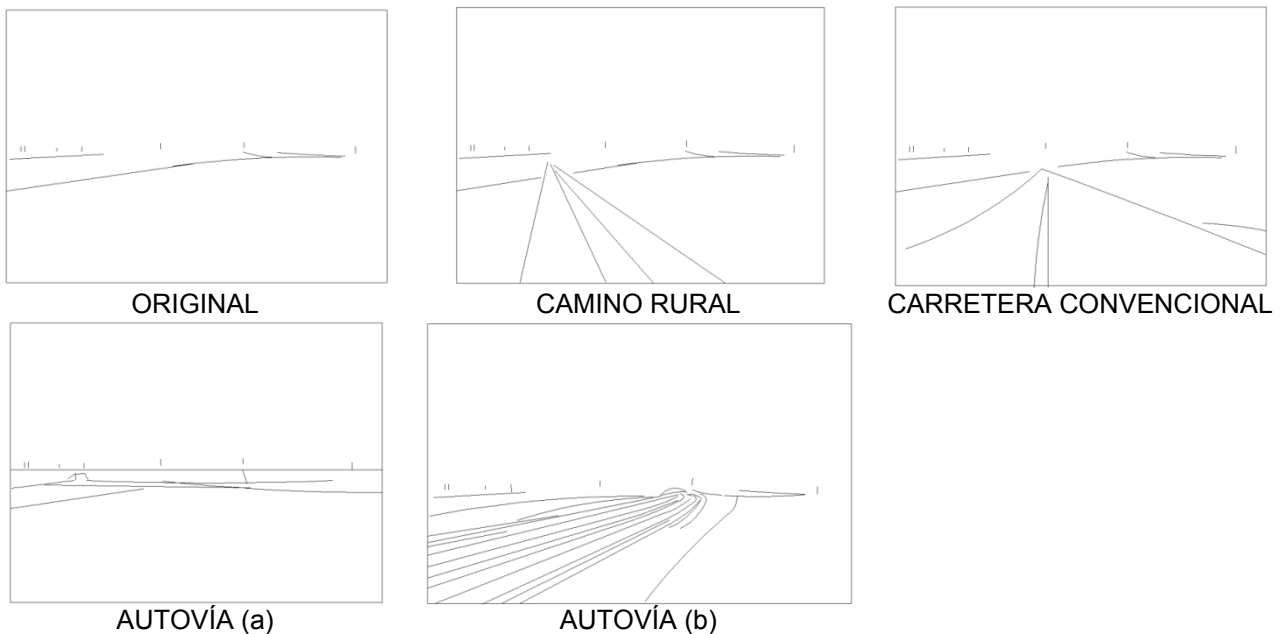
cifras de la tabla 8 muestran cómo las infraestructuras alteran la distribución de color incrementando la luminosidad de las tres gamas (salvo en la autovía –a– en la que se perciben únicamente los taludes con una gama de color similar al original).

Tabla 8. Variables referidas al atributo color medidas en las fotografías

Fotografía	ROJO		VERDE		AZUL	
	Media	Desv. tip.	Media	Desv. tip.	Media	Desv. tip.
Original	89,07	29,99	117,61	39,23	121,91	77,56
Camino rural	97,79	28,92	122,35	35,14	132,82	68,45
Carretera conv.	117,37	41,07	140,89	34,57	156,02	56,97
Autovía (a)	88,82	30,91	116,68	40,41	121,83	77,77
Autovía (b)	99,63	34,49	125,77	40,48	144,70	67,86

La modelización del atributo líneas queda reflejada en la figura 6.

Figura 6. Caracterización del atributo líneas en cada una de las fotografías analizadas



Las reflexiones realizadas en relación a la objetividad y sistematización en la medida del color también son extrapolables al atributo líneas en cuanto a las ventajas sobre los trabajos de Smardon et al (1979), B.L.M. (1980) o Cañas y Ruiz (2001) y el mayor alineamiento, y generalización, respecto del modelo de García Moruno (1998). La tabla 9 muestra los resultados de la medición de cada variable relacionada con las líneas en cada fotografía.

Tabla 9. Variables referidas al atributo líneas medidas en las fotografías

Fotografía	LÍNEAS RECTAS			
	Número	Longitud media (cm)	Desv. tip. (cm)	Ángulo medio (°)

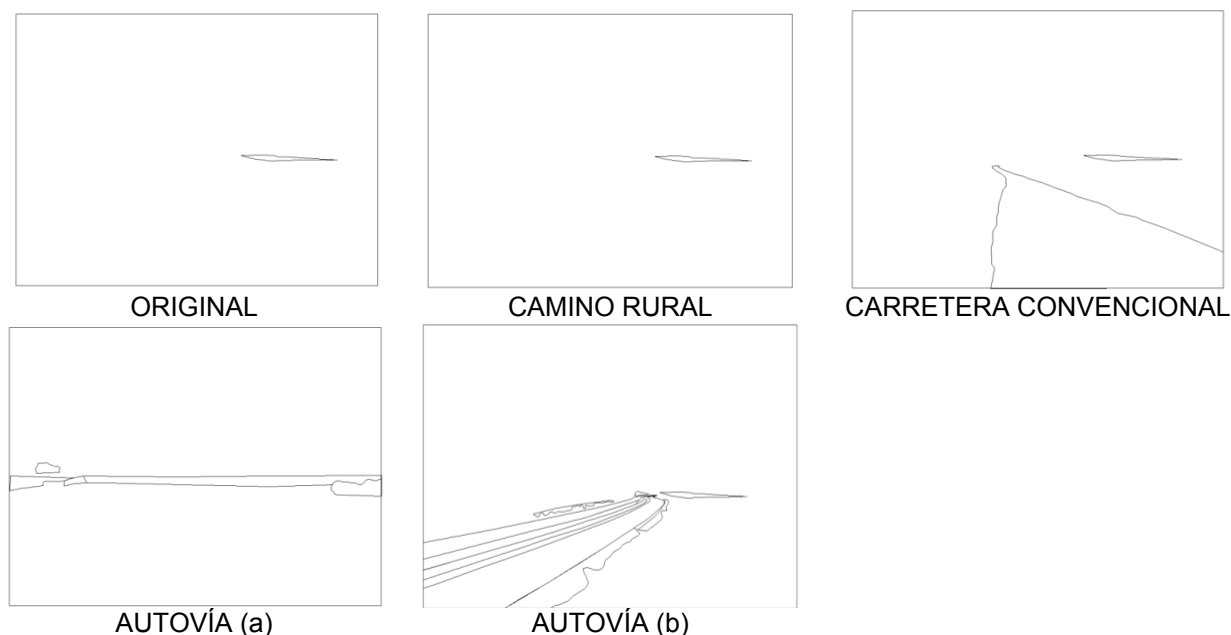
Original	9	93,98	160,41	71,33	34,95
Camino rural	14	172,59	179,65	79,50	42,81
Carretera conv.	10	100,79	134,79	73,10	33,58
Autovía (a)	15	153,08	273,11	46,95	41,19
Autovía (b)	20	312,00	269,60	66,80	31,98

Fotografía	LÍNEAS CURVAS				
	Número	Longitud media (cm)	Desv. tip. (cm)	Radio medio (cm)	Desv. tip. (cm)
Original	3	232,86	153,43	2.181,00	1.456,10
Camino rural	3	232,86	153,43	2.181,00	1.456,10
Carretera conv.	6	265,84	134,28	1.731,80	1.140,76
Autovía (a)	3	420,64	292,59	7.603,04	1.291,77
Autovía (b)	22	130,12	134,92	1.381,78	3.136,23

La información contenida en la tabla 9 permite comprobar cómo las infraestructuras incrementan la cantidad y longitud media en espacial en el caso de las líneas rectas. El ángulo medio de las líneas rectas desciende de forma significativa en la autovía (a) debido a la incorporación de líneas rectas de componente horizontal.

La caracterización del atributo formas en cada escena se expone en la figura 7.

Figura 7. Caracterización del atributo formas en cada una de las fotografías analizadas



La tabla 10 muestra cómo las infraestructuras incorporan en la escena formas de carácter intermedio en cuanto a complejidad y geometría incrementando prácticamente en todos los casos la superficie media y su variabilidad. La autovía (b) es la única que incorpora elementos amorfos.

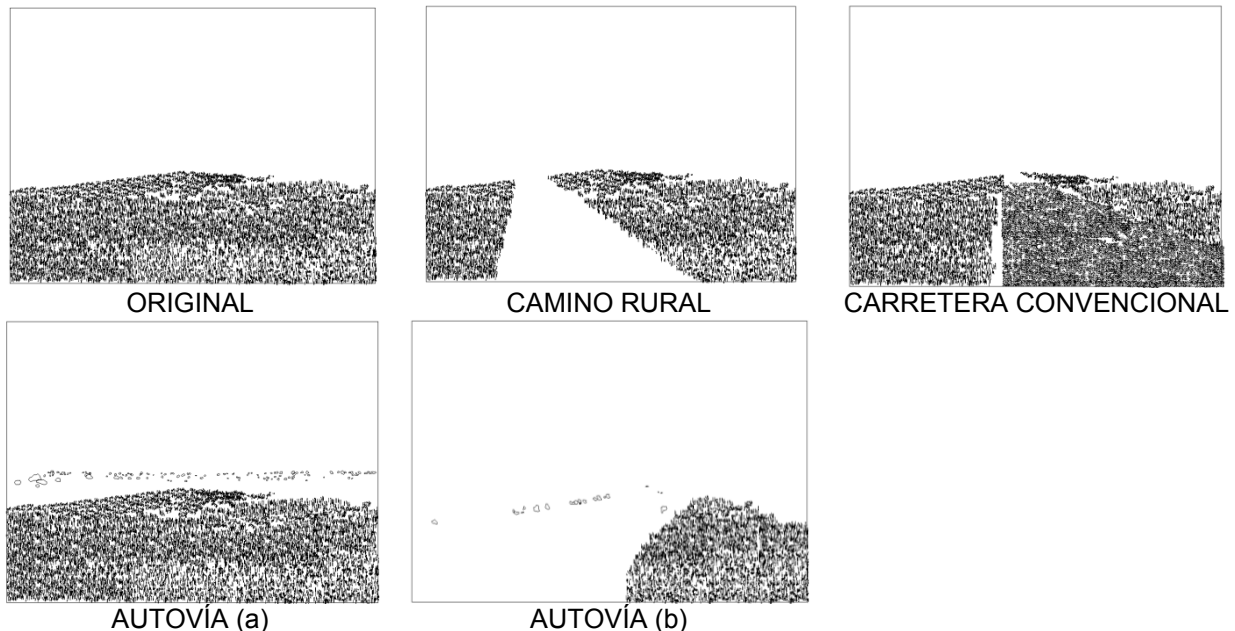
Tabla 10. Variables referidas al atributo formas medidas en las fotografías

Fotografía	GEOMÉTRICAS			INTERMEDIAS			AMORFAS		
	Nº	S. Media (cm ²)	Desv. Tip.(cm ²)	Nº	S. Media (cm ²)	Desv. Tip. (cm ²)	Nº	S. Media (cm ²)	Desv. Tip. (cm ²)
Original	0	0,00	0,00	1	1.952,55	0,00	0	0,00	0,00
Camino rural	0	0,00	0,00	1	1.952,55	0,00	0	0,00	0,00
Carretera conv.	0	0,00	0,00	1	1.952,55	0,00	1	132.419,23	0,00
Autovía (a)	0	0,00	0,00	5	5.705,52	6.206,37	0	0,00	0,00
Autovía (b)	0	0,00	0,00	2	6.425,56	4.473,01	7	16.053,56	19.542,47

Fotografía	SIMPLES			INTERMEDIAS			COMPLEJAS		
	Nº	S. Media (cm ²)	Desv. Tip. (cm ²)	Nº	S. Media (cm ²)	Desv. Tip. (cm ²)	Nº	S. Media (cm ²)	Desv. Tip. (cm ²)
Original	0	0,00	0,00	1	1.952,55	0,00	0	0,00	0,00
Camino rural	0	0,00	0,00	1	1.952,55	0,00	0	0,00	0,00
Carretera conv.	0	0,00	0,00	1	1.952,55	0,00	1	132.419,2	0,00
Autovía (a)	0	0,00	0,00	4	6.246,51	6.832,67	1	3.541,54	0,00
Autovía (b)	0	0,00	0,00	6	17.218,79	20.303,26	3	7.304,44	7.908,80

La caracterización de la textura exige delinear todos los granos presentes en la fotografía lo cual resulta laborioso pero incide en la objetividad y sistematización perseguidas en el presente trabajo. Los resultados se observan en la figura 8.

Figura 8. Caracterización del atributo textura en cada una de las fotografías analizadas



La figura 8, junto con los resultados incluidos en la tabla 11, muestran el elevado número de granos de superficie reducida en la escena original. La superficie media de los granos se reduce y su número se eleva al incluir la carretera convencional debido a su firme, mientras

que las plantaciones de los taludes en la autovía (a) incrementan la superficie y reducen el número de granos. La variabilidad (desviación típica) se incrementa en todas las escenas.

Tabla 11. Variables referidas al atributo textura medidas en las fotografías

Fotografía	FINO			MEDIO			GRUESO		
	Nº	S. Media (cm ²)	Desv. Tip. (cm ²)	Nº	S. Media (cm ²)	Desv. Tip. (cm ²)	Nº	S. Media (cm ²)	Desv. Tip. (cm ²)
Original	1.386	2,95	1,577	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Camino rural	1.247	2,94	1,589	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Carretera conv.	2.374	1,58	1,751	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Autovía (a)	1.425	2,91	1,797	69	24,17	14,86	4	233,78	29,92
Autovía (b)	839	2,92	1,594	13	56,76	30,05	4	148,29	38,43

La composición espacial no se ve afectada en ninguno de los casos al no interferir ninguna de las infraestructuras con la línea del horizonte ni alterar la proporción de superficies entre cielo y resto. La caracterización de la composición espacial queda reflejada en la figura 9.

Figura 9. Caracterización del atributo composición espacial en las fotografías analizadas



ORIGINAL, CAMINO RURAL, CARRETERA CONVENCIONAL, AUTOVÍA (a), AUTOVÍA (b)

En la tabla 12 se incluye la cuantificación de las variables referidas a la composición espacial en las que se pueden comprobar los comentarios ya realizados.

Tabla 12. Variables referidas al atributo composición espacial medidas en las fotografías

Fotografía	LÍNEAS RECTAS					Superficie cielo
	Nº	Longitud media (cm)	Desv. Típ. (cm)	Ángulo medio (º)	Desv. Típ. (º)	
Original	1	49,97	0,00	90,00	0,00	386.143,96
Camino rural	1	49,97	0,00	90,00	0,00	386.143,96
Carretera conv.	1	49,97	0,00	90,00	0,00	386.143,96
Autovía (a)	1	49,97	0,00	90,00	0,00	386.143,96
Autovía (b)	1	49,97	0,00	90,00	0,00	386.143,96

Fotografía	LÍNEAS CURVAS					Resto superficie
	Nº	Longitud media (cm)	Desv. Típ. (cm)	Radio medio (cm)	Desv. Típ. (cm)	
Original	5	190,51	84,79	1.082,18	666,14	363.856,04
Camino rural	5	190,51	84,79	1.082,18	666,14	363.856,04

Carretera conv. 5	190,51	84,79	1.082,18	666,14	363.856,04
Autovía (a) 5	190,51	84,79	1.082,18	666,14	363.856,04
Autovía (b) 5	190,51	84,79	1.082,18	666,14	363.856,04

En cuanto al atributo escala (figura 13), en la escena original no existía ningún elemento susceptible de ser considerado como tal y se han incorporado en todos los casos salvo en la autovía en el caso (a) puesto que al no percibirse de forma explícita no genera contraste.

Figura 13. Caracterización del atributo escala en cada una de las fotografías analizadas



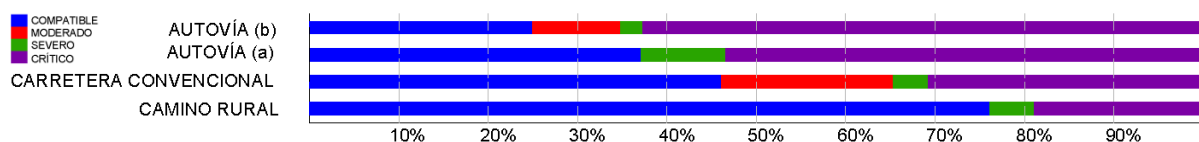
Los resultados derivados de la cuantificación del atributo escala se observan en la tabla 13, pudiendo comprobarse el efecto derivado de la inclusión de las diferentes infraestructuras.

Tabla 13. Variables referidas al atributo escala medidas en las fotografías

Fotografía	Nº	Superficie Media cm ²	Desv. Típ. (cm ²)
Original	0	0,00	0,00
Camino rural	1	97.038,07	0,00
Carretera conv.	1	132.419,23	0,00
Autovía (a)	0	0,00	0,00
Autovía (b)	1	113.868,47	0,00

Una vez calculadas las variables referidas a los atributos expuestos en las tablas 8 a 13, el paso siguiente consiste en calcular las tasas de variación para cada una de ellas aplicando la fórmula 1 y clasificar cada impacto con arreglo a las categorías cualitativas expuestas en la tabla 7. El resultado de esta operación se expone en la figura 10.

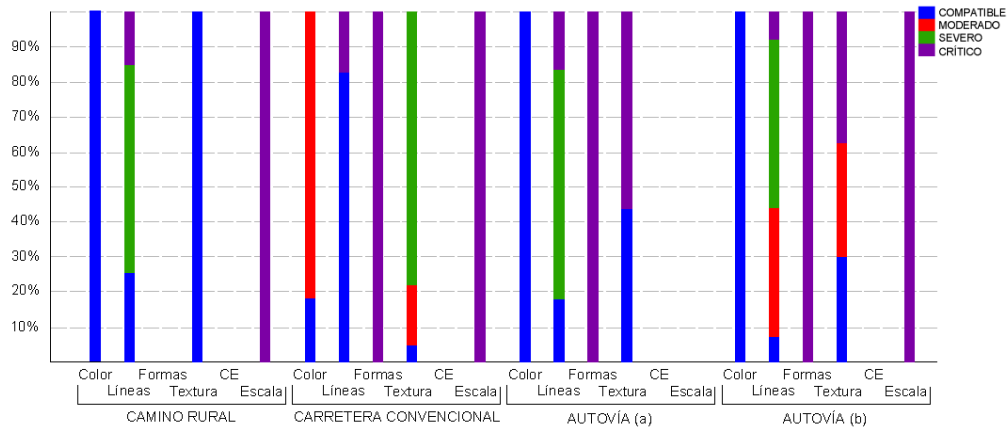
Figura 10. Caracterización cualitativa de los impactos derivados de las actuaciones analizadas



En la medida en la que el modelo supone que existe impacto sobre el paisaje siempre que exista variación en la variable ($|\Delta X_i| > 0$), el análisis debe centrarse en los impactos críticos y severos especialmente para los que, como queda reflejado en la figura 10, las infraestructuras más impactantes son las dos autovías, siendo más elevada la cantidad de impactos compatibles en las otras dos infraestructuras. El método expuesto en la presente

comunicación permite también realizar un análisis desagregado de los impactos para cada atributo. Los gráficos incluidos en la figura 11 muestran los resultados de este análisis.

Figura 11. Distribución de la magnitud de los impactos por atributos



Afinando con la información de la figura 11 el análisis realizado a la vista de la figura 10, ninguna de las infraestructuras genera impactos críticos sobre el color siendo el elemento que más impactos críticos produce la autovía (b) y escala y formas los atributos que mayor proporción de impactos críticos reciben. La información contenida en las figuras 10 y 11 permite además disponer de información particularizada por atributos y así diseñar medidas preventivas específicamente dirigidas a la percepción. Por ejemplo, la relevancia de los impactos críticos sobre la textura derivada de la ejecución de la autovía (b) podría limitarse ejecutando medidas que generen menor contraste sobre el tamaño del grano, proyectando plantaciones herbáceas en lugar de arbustivas.

Contrastando los resultados del modelo con las preferencias expresadas por la muestra, se ha observado un coeficiente de correlación lineal de -0,82 entre el valor otorgado a las escenas y la cantidad de impactos críticos identificados en cada escena. Este coeficiente es inferior al obtenido por otros autores como Franco et al (2003), Ramírez et al (2011) o Schirpke et al (2013) que observaron, respectivamente, coeficientes de 0,997 y 0,900, 0,981 y 0,84, pero superior al calculado por Arriaza et al (2004) que obtuvieron una cifra de 0,70.

4. Conclusiones

En la presente comunicación se ha expuesto un método que permite caracterizar los impactos paisajísticos derivados de la ejecución de infraestructuras lineales. Se ha desarrollado una estrategia para caracterizar el paisaje que incorpora la percepción gracias al uso de atributos formales. La relación de variables propuestas para cuantificar estos atributos permite además su medición de forma simple, objetiva y sistematizable, mejorando de esta forma los métodos existentes en la actualidad para valorar los impactos paisajísticos.

Con base a estas variables se puede cuantificar tanto el estado actual de un paisaje como simular los efectos derivados de la ejecución de actividades que generen impactos. Este proceso queda definido de forma objetiva y emplea variables que pueden ser aplicadas para cualquier tipo de paisaje y actividad que pretenda ejecutarse. La propuesta además permite desglosar los impactos sobre cada uno de los atributos aportando información detallada que permite diseñar de forma óptima las medidas preventivas y correctoras particularizadas y relacionadas directamente con la percepción.

Respecto de las infraestructuras analizadas, son las autovías las que generan una mayor cantidad de impactos críticos, observándose los efectos más relevantes sobre formas y escala.

5. Referencias

- Arriaza, M. Canas-Ortega, J. F., Canas-Madueno, J. A., & Ruiz-Aviles, P. (2004). Assessing the visual quality of rural landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 69(1), 115-125.
- B.L.M. (1980). *Visual Resource Contrast Rating*. (Manual 8431). Washington: Bureau of Land Management.
- Cañas, I. & Ruiz, M. A. (2001). Método de Valoración del Impacto Paisajístico. En F. Ayuga. (Coord.), *Gestión sostenible de paisajes rurales. Técnicas e ingeniería*. Madrid: Fundación Alfonso Martín Escudero.
- Deng, S. Q., Yan, J. F., Guan, Q. W., & Katoh, M. (2013). Short-term effects of thinning intensity on scenic beauty values of different stands. *Journal of Forest Research*, 18(3), 209-219.
- Español, I. (1997). *Paisaje, conceptos básicos*. Madrid: E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos.
- Franco, D., Franco, D., Mannino, I., & Zanetto, G. (2003). The impact of agroforestry networks on scenic beauty estimation - The role of a landscape ecological network on a socio-cultural process. *Landscape and Urban Planning*, 62(3), 119-138.
- García Moruno, L. (1998). Criterios de diseño para la integración de las construcciones rurales en el paisaje. *Informes la construcción* 50(458), 71-73.
- Gobster, P. H. & Chenoweth, R. E. (1989). The dimensions of aesthetic preference - a quantitative-analysis. *Journal of Environmental Management*, 29(1), 47-72.
- Grammatikopoulou, I., Pouta, E., Salmiovirta, M., & Soini, K. (2012). Heterogeneous preferences for agricultural landscape improvements in southern Finland. *Landscape and Urban Planning*, 107(2), 181-191.
- Howley, P. (2011). Landscape aesthetics: Assessing the general public preferences towards rural landscapes. *Ecological Economics*, 72, 161-169.
- Ramírez, A., Ayuga-Tellez, E., Gallego, E., Fuentes, J. M., & Garcia, A. I. (2011). A simplified model to assess landscape quality from rural roads in Spain. *Agriculture Ecosystems & Environment* 142(3-4), 205-212.
- Ryan, R. L. (2012). The influence of landscape preference and environmental education on public attitudes toward wildfire management in the Northeast pine barrens (USA). *Landscape and Urban Planning*, 107(1), 55-68.
- Schirpke, U., Tasser, E., & Tappeiner, U. (2013). Predicting scenic beauty of mountain regions. *Landscape and Urban Planning* 111, 1-12.
- Smardon, R. C., Appleyard, D., Sheppard, S. R. J. & Newman, S. (1979). *Prototype Visual Impact Assessment Manual*. New York: Syracuse State University.
- Tempesta, T. (2010). The perception of agrarian historical landscapes: A study of the Veneto plain in Italy. *Landscape and Urban Planning*, 97(4), 258-272.
- Velázquez, J., Zubelzu, S. Díaz, P.M. Hernández, A. (2012). Adecuación de la gestión paisajística española al Convenio Europeo del Paisaje. Análisis de las adaptaciones normativas autonómicas y sus implicaciones prácticas sobre los paisajes ordinarios. Actas Congreso Nacional de Medio ambiente. Madrid: Fundación CONAMA.
- Whewrret, J. R. (1996). *Landscape evaluation. Visualization techniques for landscape evaluation. Literature Review*. Aberdeen: Land Use Division, MLUR.
- Zeki, S. (2001). Localization and globalization in conscious vision. *Annual Review of Neuroscience* 24, 57-86.

Zhao, J. W., Wang, R. H., Cai, Y. L., & Luo, P. J. (2013) Effects of Visual Indicators on Landscape Preferences. *Journal of Urban Planning and Development-Asce*, 139(1), 70-78.