



Método de **valoración de paisajes forestales** basado en el uso de atributos estéticos como variables explicativas de las preferencias

Assessment method for forest landscapes based on aesthetic attributes as explanatory variables of preferences

Sergio Zubelzu¹* y Ana Hernández²

¹ Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Estadística e Investigación Operativa II. Campus de Somosaguas. Madrid, España.

² ANSER Ingenieros SL. Grupo de Investigación Docencia y Medio Ambiente. Madrid, España.

* Autor de correspondencia. szubelzu@ccee.ucm.es

RESUMEN

En el presente trabajo se ha desarrollado un método de valoración del paisaje a partir de una aproximación mixta empleando variables relacionadas con atributos estéticos. Para ello se ha propuesto una relación de variables que permiten cuantificar de forma objetiva en fotografías sus líneas, formas, colores, textura, composición espacial y escala. Se han medido estas variables para un paisaje de carácter forestal y se ha consultado a la población el valor que asignan a ese paisaje. Con la información anterior se han probado técnicas estadísticas de regresión para deducir un método predictivo de las preferencias a partir de los atributos estéticos. El modelo óptimo deducido adopta una forma lineal y alcanza a explicar 60,1% de la varianza de las preferencias de la población.

PALABRAS CLAVE: atributos formales, gestión del paisaje, métodos mixtos, paisaje visual, valoración paisajística.

ABSTRACT

this paper presents an assessment method for forest landscapes based on a mixed approach using aesthetics attributes. A set of variables have been deduced in order to objectively quantify in photographs its lines, colors, shapes, texture, scale and spatial composition. Referred variables have been measured in a forest landscape and preferences for that landscape have been collected. Using this information, regression functions have been tested to deduce a predictive method for preferences. The deduced optimum method adopts a linear structure and is able to explain 60,1% of the variance of population preferences.

KEY WORDS: aesthetic attributes, landscape management, mixed methods, visual landscape, landscape assessment.

INTRODUCCIÓN

En numerosas ocasiones se ha cuestionado la validez de los métodos de valoración del paisaje para proporcionar soluciones que abarquen el concepto en toda su complejidad (Velázquez *et al.*, 2012). Para ser considerados como válidos, estos métodos de valoración deben permitir una gestión del paisaje que considere los rasgos más característicos del mismo entre los que cabe citar su componente

territorial, la percepción mediante la que el territorio se convierte en paisaje, la consideración de la población o la extensión del paisaje a todo el territorio independientemente de su singularidad. Tradicionalmente, los métodos de valoración del paisaje se han clasificado en directos, indirectos y mixtos (Muñoz-Pedrerros, 2004), ninguno de los cuales ha suscitado un acuerdo extendido entre la comunidad científica en cuanto a su mayor validez.

A los métodos directos (deducen el valor del paisaje mediante la observación directa del mismo sin desagregación ninguna del paisaje en componentes) se les critica su falta de operatividad y representatividad, así como la forma en la que manejan la subjetividad (García Moruno, 1998). Los indirectos (obtienen el valor del paisaje mediante la desagregación y valoración de cada uno de los elementos constituyentes del paisaje) son criticados por su incapacidad para respetar el carácter sistémico del paisaje (Arriaza *et al.*, 2004). Por su parte, los métodos mixtos (combinación de directos e indirectos, explican el valor obtenido mediante la observación de la totalidad a partir de la desagregación y valoración de sus elementos constituyentes), aun habiéndose reconocido su mayor aptitud en algunos trabajos (Daniel, 2001), en la práctica no terminan de resolver muchas de las críticas referidas a métodos directos e indirectos.

Tampoco existe acuerdo respecto de los atributos a considerar dentro de los métodos indirectos o mixtos. A los atributos de carácter ambiental se les achaca su falta de consideración de la percepción (Daniel y Vining, 1983), mientras que a los atributos estéticos y psicológicos se les critica por su difícil comprensión y medición (Daniel y Vining, 1983). A los atributos estéticos cabe reconocerles sin embargo una mayor universalidad en su aplicación, como afirman Daniel y Boster (1976), lo que constituye una ventaja para su aplicación a los paisajes no singulares (Rubio y Muñoz, 2008). Además, existen evidencias de la relación existente entre los atributos estéticos y las etapas iniciales objetivas de la percepción humana tal y como han demostrado, entre otros, Bartels y Zeki (2006), Borst y Kosslyn (2008) o Lewis *et al.* (2011). Esta mayor proximidad con la percepción también ha sido probada de forma específica en el contexto paisajístico (Gobster y Chenoweth, 1989).

Por otro lado, existen múltiples referencias al análisis paisajístico en contextos forestales, ya sea orientados a la evaluación de los efectos derivados de la ejecución de actividades forestales (Nielsen *et al.*, 2012; Otero, 2009; Smith *et al.*, 2012; Young y Wesner, 2003), al efecto de los condicionantes culturales sobre las preferencias (Ryan,

2012) o al estudio de la estructura ecológica del paisaje (Altamirano *et al.*, 2012; Chapa-Bezanilla *et al.*, 2008).

No es tan frecuente la existencia de modelos que incorporen la percepción o que permitan valorar un paisaje en sí mismo, no vinculado al impacto derivado de la ejecución de una actividad concreta. Quizás los exponentes más relevantes de este tipo de modelos procedan de los trabajos de Franco *et al.* (2003) o de Sheppard (2004), pero adolecen de operatividad práctica y de aptitud para la sistematización, debido a la necesidad de consultar a la población ante cada necesidad de valoración.

Este problema de operatividad puede superarse gracias a las técnicas estadísticas en las que se basan los métodos mixtos. Esta clase de métodos cuentan con la ventaja de incorporar las preferencias de la población desde la propia construcción del modelo al actuar como variable dependiente en el contexto de los modelos de regresión.

OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo ha sido desarrollar un método de valoración del paisaje que permita superar los inconvenientes planteados en los párrafos precedentes. Para ello se ha optado por desarrollar un modelo basado en una aproximación mixta, en la que el valor expresado por la población para un tipo concreto de paisaje sea explicado mediante sus atributos estéticos. Para el empleo de los atributos estéticos se han definido variables que permiten cuantificarlos de forma objetiva gracias a la medición de magnitudes físicas en fotografías. Este esquema proporciona un valor para los paisajes que incluye la percepción y la participación de la sociedad. Además, el uso de atributos estéticos garantiza la aplicabilidad y cercanía con los procesos de percepción.

El planteamiento de los trabajos realizados ha partido de la negación de la universalidad, al menos a priori, de los métodos de valoración del paisaje. Si se incorpora la percepción, y la consecuente subjetividad, en el análisis paisajístico, no puede ser de otra manera, puesto que no existen evidencias empíricas que permitan deducir la existencia de preferencias universales



por paisajes concretos (Milani, 2009) y la búsqueda de jerarquías universales de paisajes carece de sentido práctico (Berleant, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar el método ha sido necesario en primer lugar seleccionar el tipo de paisaje sobre el que se define. En segundo lugar se ha requerido proponer una estrategia para la medición de los atributos en el paisaje en cuestión. Posteriormente se midieron los atributos en el paisaje y se recopilaban las preferencias de la población para, en último lugar, construir el método de valoración a partir de estos datos.

Selección del paisaje objeto del método

Para la selección del tipo de paisaje se empleó un criterio de uniformidad visual. La zona concreta estuvo formada por 15 municipios de la zona norte de la provincia de Ávila (España) en los que resultaba dominante la presencia de monte bajo y pasto mediterráneo con dehesa de baja

densidad de encina (mayoritariamente *Quercus ilex* subsp. *Ballota* con fracción de cabida cubierta < 50%). Estos usos principales del suelo coexisten con parcelas de uso agrícola. En la figura 1 (a) se observa la localización del área en estudio y algunas de las fotografías (b) empleadas para la construcción del método.

Se realizó una campaña de campo para identificar las escenas que representasen de forma adecuada los atributos estéticos para esta clase de paisajes. Para ello se tomaron un total de 718 fotografías desde 92 puntos. Para realizar los trabajos de campo se garantizó la homogeneidad de las condiciones que afectan a la visibilidad, aplicando lo planteado por Smardon *et al.* (1979). Se tomaron todas las imágenes en el mes de junio del año 2012 entre las 12 h 00 y 14 h 00.

Definición y medición de atributos en el paisaje

La estrategia de medición de los atributos se definió tomando como punto de partida los trabajos realizados

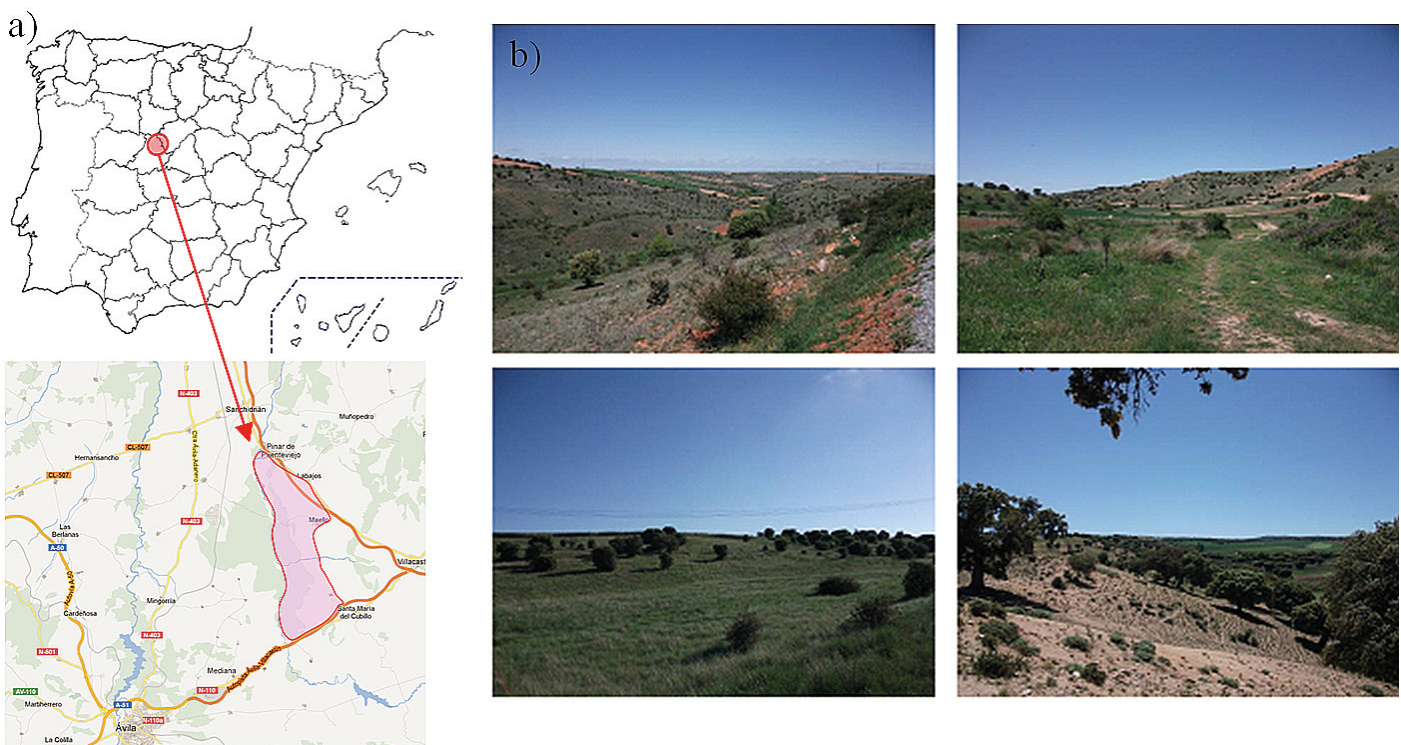


FIGURA 1. (a) Localización del área de estudio en la zona norte de la provincia de Ávila. Castilla y León, España. (b) Fotografías características de la zona incluidas en el estudio.

por la Bureau of Land Management (B.L.M.) en las guías siguientes: Visual Resource Management (B.L.M., 1980a), Visual Resource Inventory (B.L.M., 1980b) y Visual Resource Contrast Rating (B.L.M., 1980c).

Para simplificar la medición de los atributos, no se tomaron en cuenta las clasificaciones concretas hechas por estos autores para líneas, formas, textura, composición espacial y escala, sino que se recurrió a mediciones de carácter genérico. Además, las definiciones que para estos atributos propone la B.L.M. (1980a, 1980b, 1980c) están orientadas a medir el contraste derivado de la ejecución de una determinada actividad, lo que impide su uso para valorar un paisaje en sí mismo sin que se pretenda evaluar ninguna actividad.

Lo anterior motivó la necesidad de proponer las siguientes definiciones sobre las que basar la medición de los atributos:

- Las líneas se generan por el contraste entre dos colores adyacentes y son rectas (unen dos puntos sin cambios de dirección) o curvas (arcos de circunferencia).
- Las formas proceden de delimitar objetos aislables sobre un fondo, sin que alcancen a constituir un patrón en la escena.
- La textura se origina a partir de un conjunto de granos que se repiten hasta formar un patrón en la escena.
- La composición espacial la definen las líneas del horizonte (entendidas de igual forma que en el atributo líneas) y las superficies ocupadas en la fotografía por el cielo y por el resto de elementos presentes.
- Dentro de la escala se incluye cualquier elemento (entendido de igual manera que en el atributo formas) que genere contraste respecto de cualquiera de los atributos medidos en el resto de la escena.
- El color se define a partir del modo de medida RGB (rojo, verde, azul).

Se utilizaron fotografías para caracterizar el paisaje y sus atributos, asumiendo la validez de este vehículo ya demostrada por Sevenant y Antrop (2011), entre otros

autores. Para medir líneas, formas, textura, composición espacial y escala se empleó el programa Autocad 2008^R insertando la fotografía en dimensiones 100 cm x 75cm. Por su parte, para la medición del color y la generación de los histogramas se usó el programa ImageJ^R. La relación de variables utilizadas para caracterizar cada uno de los atributos referidos es la que se incluye en la tabla 1.

Como resultado de la medición de las variables expuestas en la tabla 1 se generaron, para cada una de las imágenes, esquemas como los incluidos en la figura 2.

Preferencias de la población

Para las consultas se seleccionaron 100 fotografías que representasen de forma óptima el tipo de paisaje. Se realizaron encuestas en diferentes sesiones exponiendo las fotografías en un orden aleatorio en cada sesión. Se solicitó a los encuestados la valoración de las fotografías mediante una escala cualitativa a la que se hizo corresponder una equivalencia numérica según se observa en la tabla 2.

Para seleccionar la muestra de individuos a la que realizar las encuestas se identificaron los condicionantes sociales que de forma más relevante pudieran sesgar los resultados (siguiendo a Van den Berg y Koole, (2006), se utilizaron la edad y el tipo de relación con el paisaje analizado, considerando para ello el lugar de residencia y la profesión) y se definieron estratos dentro de cada condicionante, de forma similar a los trabajos de Krause (2001) o Sevenant y Antrop (2011). La selección de individuos se realizó equilibrando el tamaño de los diferentes estratos y, dentro de cada uno de ellos, los individuos fueron seleccionados según una estrategia de muestreo aleatorio simple. La composición final de la muestra con arreglo a cada uno de los criterios queda reflejada en la tabla 3.

La determinación del tamaño óptimo de la muestra se enfrenta con el problema de la delimitación de la población susceptible de valorar el paisaje estudiado puesto que, bajo el criterio menos restrictivo, toda la población del mundo sería susceptible de valorar el pai-



TABLA 1. Relación de variables empleadas para caracterizar los atributos estéticos.

Líneas	Número de líneas presentes en la fotografía		
	Longitud media (cm)		
	Coeficiente de variación longitud media		
Formas	Número de formas presentes en la fotografía		
	Superficie media (cm ²)		
	Coeficiente de variación superficie media		
	Longitud media del eje definido por la dimensión mayor de las formas (cm)		
	Coeficiente de variación longitud media eje		
	Ángulo medio eje (grados)		
Textura	Número de granos presentes en la fotografía		
	Superficie media granos (cm ²)		
	Coeficiente de variación superficie media granos		
Composición espacial	Superficie terreno	Proporción sobre la superficie total	
	Superficie cielo	Proporción sobre la superficie total	
	Número de líneas que componen el horizonte		
	Línea del horizonte	Longitud media (cm)	
	Coeficiente de variación longitud media		
Escala	Número de elementos incluidos en la variable escala		
	Elementos	Superficie media (cm ²)	
		Coeficiente de variación superficie media	
		Ejes	Longitud
	Coeficiente de variación		
	Ángulo		Media (grados)
Coeficiente de variación			
Color	RGB	Valor medio	
	Coeficiente de variación		
	RGB-Rojo	Valor absoluto de la diferencia entre valores medios	
	RGB-Azul	Valor absoluto de la diferencia entre valores medios	
	RGB-Verde	Valor absoluto de la diferencia entre valores medios	

saje, lo que llevaría el problema a situaciones no manejables. Así, ante la inconveniencia de cuantificar la población objetivo, para acotar la solución, se recurrió a fijar un tamaño mínimo que permitiese limitar el error de estimación de la media de las preferencias

mediante un intervalo de confianza. La amplitud del intervalo de confianza inicialmente fijada fue de 5% (Error = 2,5%) de la extensión de la escala de valoración, suponiendo una desviación típica (σ) máxima de 10%, también de la extensión de escala de valoración, y

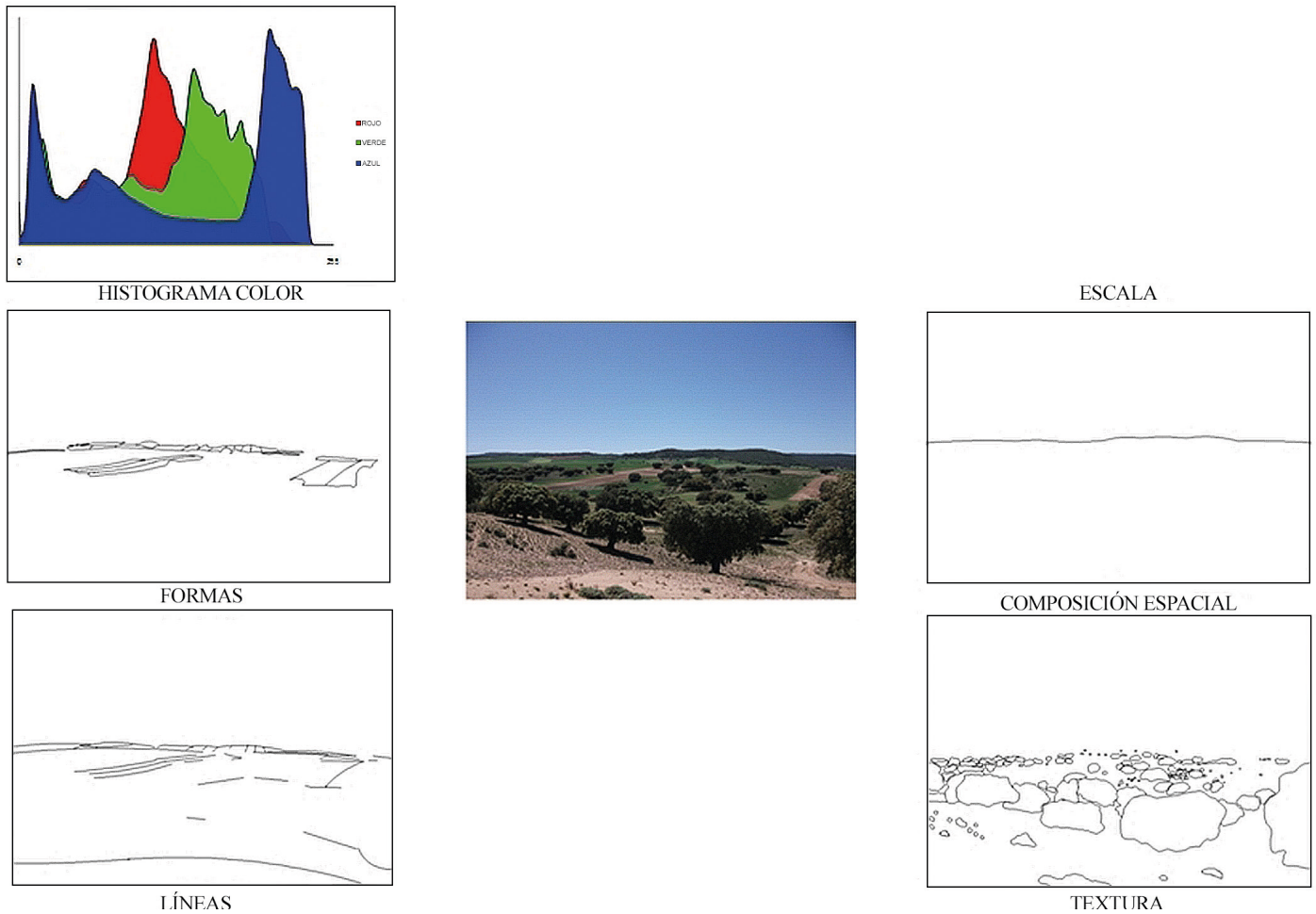


FIGURA 2. Ejemplo de una ficha de caracterización de atributos estéticos obtenida para cada una de las fotografías empleadas.

para un nivel de significancia (α) de 5%. La expresión concreta para el cálculo (Zubelzu, 2014) y el resultado quedan expuestos en la ecuación 1:

$$Error \leq Z_{1-(\alpha/2)} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Finalmente, la muestra utilizada ascendió a 104 individuos lo que permitió trabajar con un total de 10 400 valoraciones de fotografías acotando por tanto los márgenes de error inicialmente previstos.

Método de valoración

El objetivo del presente trabajo consiste en deducir un modelo que permita explicar las preferencias de la pobla-

ción a partir de la caracterización de los atributos del paisaje. Las técnicas estadísticas de regresión proporcionan la herramienta adecuada para ese propósito puesto que permiten obtener una expresión que permite explicar los valores de una variable dependiente (preferencias de la población por el paisaje) a partir de una combinación de variables independientes (variables que caracterizan los atributos estéticos del paisaje). Además, el carácter predictivo de la función resultante de la regresión permitiría su aplicación en otros lugares en los que apareciese un paisaje comparable, lo que constituye otra ventaja de las técnicas de regresión.

Los ajustes estadísticos se realizaron tratando de buscar el modelo con mayor capacidad explicativa. Aun existiendo riesgo de que el proceso perceptual completo no se



TABLA 2. Clases empleadas para la consulta sobre las preferencias y equivalencia numérica.

Modalidad cualitativa	Equivalencia cuantitativa
No me gusta nada	0
Me gusta muy poco	1
Me gusta poco	2
Me gusta	3
Me gusta mucho	4
Me gusta muchísimo	5

comporte de forma lineal, se probó esta clase de modelos por su mayor simplicidad. Por otro lado, los modelos lineales son frecuentes en la bibliografía, proporcionando buenos resultados como demuestran los trabajos de Cañas *et al.* (2009), Deng *et al.* (2013), Hofmann *et al.* (2012), Mühlhauser *et al.* (2004) o Wang *et al.* (2012). Además, la percepción de los atributos empleados en el presente trabajo se realiza de forma independiente entre sí y en las etapas iniciales del proceso (Zeki, 2001), lo que avalaría la hipótesis lineal. No obstante, en busca de la mayor capacidad explicativa posible, se probaron también modelos no lineales

(exponencial, cuadrático, cúbico, logístico, inverso, exponencial, así como combinaciones entre ellos y entre estos y el modelo lineal) de cara a encontrar la expresión que aportase una mayor capacidad para explicar las preferencias.

El planteamiento teórico del modelo lineal queda expuesto en la ecuación 2, siendo v_i el valor promedio expresado por los 104 encuestados para cada una de las 100 fotografías y x_j la cuantificación de cada una de las 30 variables independientes (Tabla 1) en cada una de las fotografías.

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_i \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{21} & x_{31} & \dots & x_{j1} & \dots & x_{m1} \\ 1 & x_{22} & x_{32} & \dots & x_{j2} & \dots & x_{m2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{2i} & x_{3i} & \dots & x_{ji} & \dots & x_{mi} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{2n} & x_{3n} & \dots & x_{jn} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_i \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_i \\ \vdots \\ \mu_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$V = X\beta + U$$

Para deducir los coeficientes de regresión (β_i), se recurrió a la técnica de los mínimos cuadrados generalizados debido a los riesgos de existencia de covarianzas no nulas por las correlaciones entre las variables inde-

TABLA 3. Características de la muestra seleccionada para las consultas.

Condicionante	Estratos	Tamaño (porcentaje)
Edad	Menor 25 años	34 (32,69%)
	Entre 25 y 45 años	34 (32,69%)
	Mayor de 45 años	36 (34,62%)
Lugar de residencia	Pequeños municipios de la región o de otras en las que el paisaje estudiado está presente	37 (35,58%)
	Capitales de provincias donde el paisaje estudiado está presente	33 (31,73%)
	Ciudades en cuyo entorno no se encuentra el tipo de paisaje estudiado	34 (32,69%)
Tipo de relación con el paisaje	Trabajo o dependencia económica con el paisaje	35 (33,65%)
	Segunda residencia o turismo	33 (31,73%)
	Sin relación	36 (34,62%)

pendientes. Se utilizó un modelo de introducción de variables (*forward*) incorporando secuencialmente las variables de la tabla 1 que poseían una mayor correlación con la variable explicada (preferencias). Se probaron todas las combinaciones posibles de variables independientes y se seleccionó el modelo óptimo, comparando los coeficientes de determinación corregidos (coeficiente que permite comparar la bondad de modelos construidos a partir de un número diferente de variables independientes) de cada uno de ellos. El coeficiente de determinación corregido permite identificar la combinación del menor número variables independientes que permite explicar la mayor parte de la variabilidad de la variable dependiente, lo que hace que el modelo que proporcione el mayor coeficiente de determinación corregido sea el modelo óptimo.

La deducción de los modelos no lineales se realizó mediante el método Gauss-Newton (Ambrosio, 2000). Para la selección final del modelo óptimo de entre los lineales y no lineales se comparó el coeficiente de determinación corregido de cada uno de ellos.

RESULTADOS

Definición y medición de atributos en el paisaje

El primer paso para construir el método fue medir las variables relacionadas en la tabla 1 para cada una de las 100 fotografías estudiadas. En la tabla 4 se incluyen los estadísticos resumen de este proceso.

Los resultados de la cuantificación de las variables que se incluyen en la tabla 4 muestran en general un número elevado de líneas en las fotografías. Las líneas proceden mayoritariamente de la delimitación de las parcelas agrícolas que coexisten con los terrenos de uso forestal (Fig. 3a) o por las infraestructuras de comunicación (Fig. 3b).

Las formas proceden de conjuntos vegetales (Fig. 4a) en los casos en los que no constituyen un patrón. Por su parte, la textura está caracterizada por una cantidad elevada de granos que cuentan con una superficie media pequeña al proceder mayoritariamente de elementos herbáceos y arbustivos (Fig. 4b).

La composición espacial presenta un número escaso de líneas de longitud elevada y un reparto de superficies propio de zonas eminentemente llanas o con suaves ondulaciones (Fig. 5a). Dentro del atributo escala se incluyeron elementos de origen mayoritariamente antrópico tales como edificaciones o caminos (Fig. 5b).

En cuanto al color, los histogramas muestran en general una luminosidad media vinculada al color azul mayor que a las gamas de verde y rojo, siendo esta última la gama menos luminosa.

Preferencias de la población

Las preferencias de la población se recopilaron mediante encuestas. En la tabla 5 se observa un resumen de los resultados de tales encuestas, comprobándose la dominancia de los valores intermedios de la escala de valoración.

Construcción del modelo

Para deducir el modelo de valoración se probaron las expresiones lineales y no lineales referidas y se obtuvieron los modelos concretos y los coeficientes de determinación para cada uno de ellos. De entre todos los modelos deducidos, el que proporciona un mayor coeficiente de determinación corregido (modelo óptimo) se construye a partir de la relación de variables incluida en la tabla 6. Del total del 30 variables consideradas inicialmente (Tabla 1), el modelo óptimo hace uso de 19 únicamente, lo que facilita su manejo.

El modelo óptimo expuesto en la tabla 6 no viola ninguno de los supuestos requeridos para el uso de modelos lineales como la normalidad de los residuos (Test Kolmogorov-Smirnov, $\text{sign}=0,675$), la multicolinealidad (tolerancia mínima=0,360, factor de inflación de la varianza máximo=2,775) o la heterocedasticidad (Test de White, $nR^2=34,7 < X^2_{232}(0,05)=267,45$, $\text{sign}=0,000$). El análisis del *test* F realizado permite también descartar de forma significativa la nulidad del coeficiente de determinación del modelo óptimo (estadístico $F=6,339$ frente a la suma de cuadrados explicada que asciende a 14,826, $\text{sign}=0,000$).



TABLA 4. Estadísticos resumen de las variables empleadas para caracterizar los atributos estéticos.

		Valor medio	Desviación típica	Intervalo de confianza*		
				LI	LS	
Líneas	Número	20,49	17,23	18,77	22,22	
	Longitud media	30,23	16,28	28,61	31,87	
	Coefficiente de variación longitud media	0,39	0,21	0,38	0,42	
Formas	Número	13,31	10,83	12,23	14,40	
	Superficie media	57,61	93,96	48,22	67,02	
	Coefficiente de variación superficie media	1,38	0,72	1,31	1,46	
	Longitud media eje formas	16,66	13,18	15,34	17,98	
	Coefficiente de variación longitud media eje	0,85	0,42	0,81	0,89	
	Ángulo medio eje	13,34	11,90	12,15	14,53	
	Coefficiente de variación ángulo medio eje	1,17	0,80	1,10	1,26	
Textura	Número de granos	5849,54	4731,22	5376,42	6322,67	
	Superficie media de granos	0,60	1,80	0,42	0,78	
	Coefficiente de variación típica superficie media granos	4,06	7,99	3,26	4,86	
	Superficie terreno	Proporción sobre el total	0,51	0,08	0,50	0,52
Composición espacial	Superficie cielo	Proporción sobre el total	0,48	0,08	0,48	0,50
	Línea del horizonte	Número	4,17	3,58	3,81	4,53
		Longitud media	42,99	30,05	39,99	46,00
		Coefficiente de variación longitud media	0,57	0,39	0,54	0,62
Elementos	Número	1,53	0,96	1,43	1,63	
	Superficie media	362,98	328,56	330,13	395,84	
	Coefficiente de variación superficie media	0,68	0,23	0,66	0,71	
Escala	Longitud	Valor medio	28,38	18,18	26,57	30,20
		Coefficiente de variación	0,36	0,12	0,35	0,37
	Ejes	Valor medio	28,88	21,00	26,78	30,98
		Coefficiente de variación	0,90	0,26	0,87	0,93
Color	RGB	Media	114,44	13,59	113,08	115,80
		Coefficiente de variación	0,47	0,09	0,46	0,48
	RGB-Rojo	Valor absoluto	17,67	5,042	17,17	18,18
	RGB-Azul	Valor absoluto	14,38	6,32	13,75	15,02
	RGB-Verde	Valor absoluto	4,48	3,91	4,09	4,88

* $\alpha=0,05$

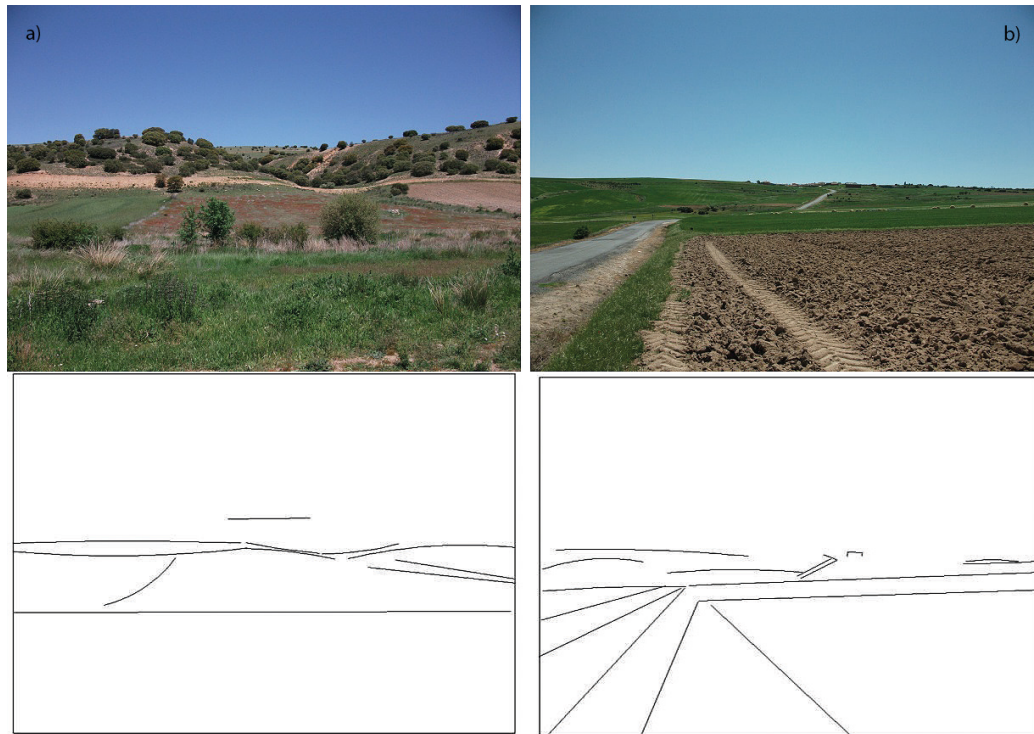


FIGURA 3. (a) Ejemplo de delimitación de líneas generadas por parcelas agrícolas. (b) Ejemplo de delimitación de líneas generadas por infraestructuras de comunicación.

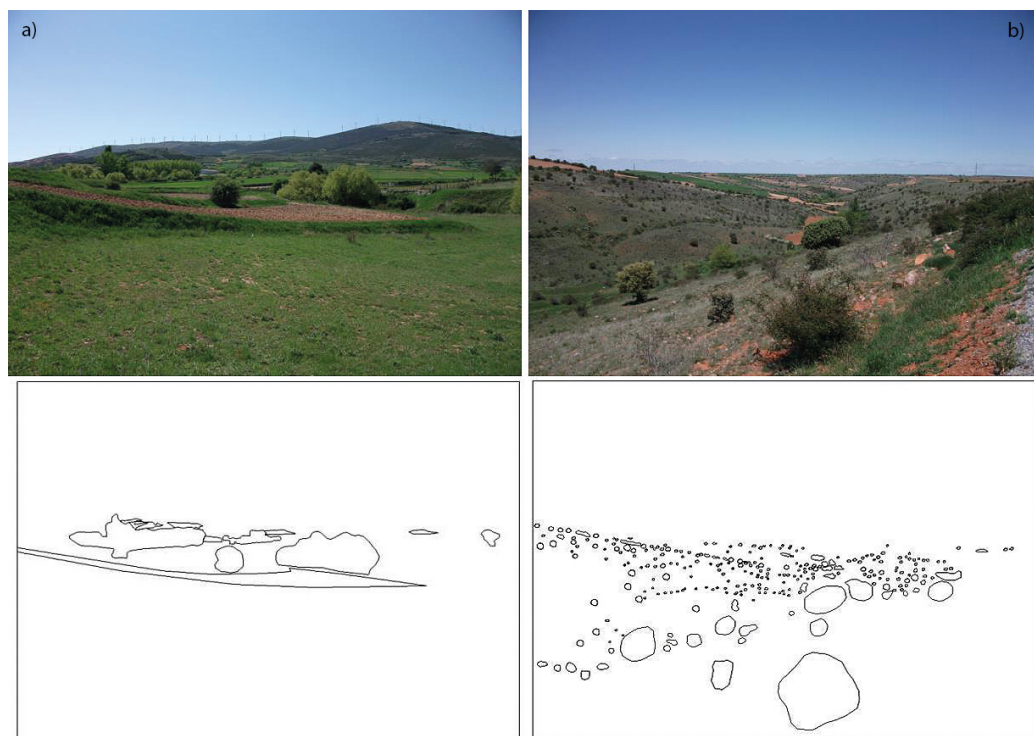


FIGURA 4. (a) Ejemplo de modelización de formas procedentes de conjuntos vegetales. (b) Delimitación del grano de formaciones vegetales que constituyen un patrón y, por lo tanto, textura.

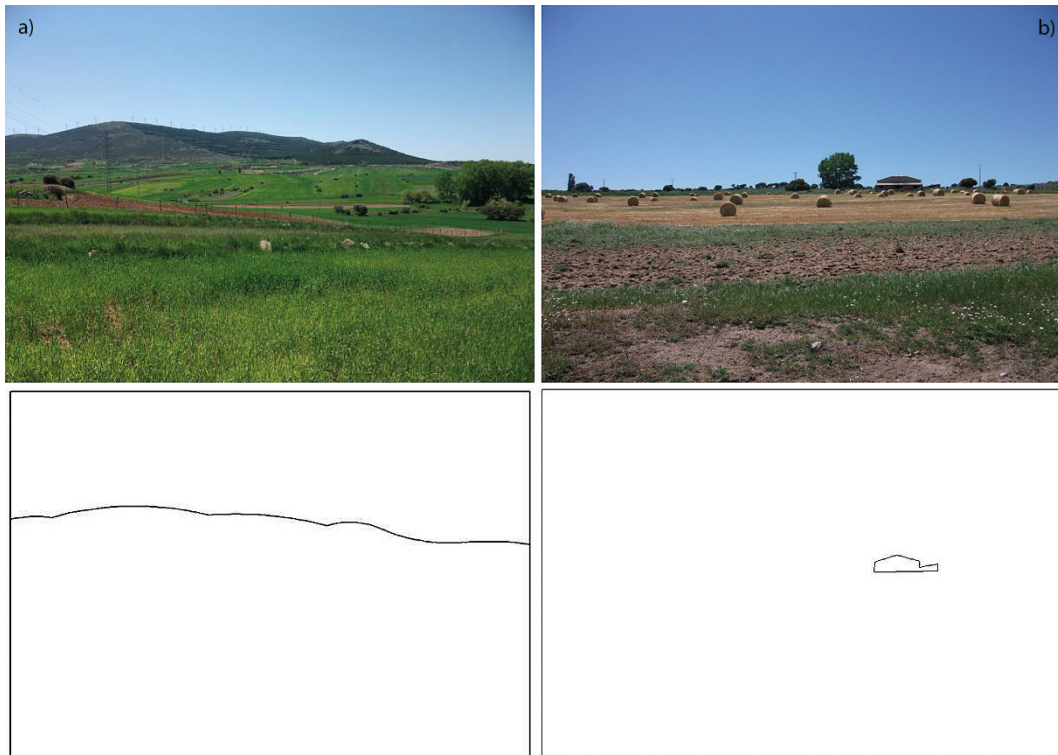


FIGURA 5. Ejemplo de modelización de los atributos composición espacial (a) y escala (b).

TABLA 5. Resumen de las preferencias por las fotografías procedentes de las encuestas.

Valor medio	Moda	Desviación típica	Intervalo de confianza*		Máximo	Mínimo
			LS	LI		
2,39	2,24	0,50	2,49	2,29	3,72	1,13

* $\alpha=0,05$

El valor concreto del coeficiente de determinación corregido para el modelo óptimo resulta ser de 0,506, siendo su coeficiente absoluto 0,601. Los modelos no lineales proporcionaron coeficientes de determinación considerablemente inferiores a los lineales, siendo la cifra más elevada ($R^2=0,302$) la que proporcionaría un modelo cúbico construido a partir del coeficiente de variación de la medida RGB.

De esta forma, el coeficiente de determinación obtenido para el modelo óptimo implica que la parte de las preferencias explicadas de forma objetiva a tra-

vés de los atributos representaría 60,1% de la variabilidad del proceso perceptual. Si la relevancia de cada variable independiente de cara a explicar la variable dependiente se mide a través de su coeficiente de regresión tipificado, cabe concluir a la vista de los coeficientes expuestos en la tabla 6, cómo el mayor peso lo ostentan la superficie media de los granos y la variabilidad referida a la medida RGB (sombreados en gris oscuro en la tabla 6).

Si se analizan los resultados del nivel de significación de los coeficientes de regresión en la tabla 6 se observa

TABLA 6. Relación de variables y estadísticos que conforman el modelo con mayor coeficiente de determinación corregido (modelo óptimo).

Modelo		β_i	β_i Tipificado	t	SIGN
(Constante)		0,330		0,738	0,463
Líneas	Número	-0,008	-0,277	-2,208	0,030
	Longitud media	-0,005	-0,177	-1,937	0,056
	Coefficiente de variación longitud media	0,284	0,124	1,602	0,113
Formas	Número de formas	0,016	0,348	2,905	0,005
	Coefficiente de variación superficie media	0,125	0,230	2,521	0,014
	Longitud media eje	0,005	0,124	1,595	0,115
	Coefficiente de variación longitud media eje	-0,213	-0,193	-1,877	0,064
Textura	Número de granos	1·10 ⁻⁴	0,225	2,528	0,013
	Superficie media granos	0,102	0,370	4,297	0,000
	Coefficiente de variación superficie media granos	-0,006	-0,109	-1,374	0,173
Composición espacial	Número de líneas horizonte	0,045	0,316	2,781	0,007
	Longitud media línea horizonte	0,003	0,193	1,827	0,071
	Superficie cielo	1,467	0,195	2,106	0,038
Escala	Longitud eje	-0,002	-0,104	-1,301	0,197
	Coefficiente de variación longitud eje	-0,520	-0,268	-1,925	0,058
	Ángulo medio eje	0,002	0,096	1,172	0,245
	Coefficiente de variación ángulo medio eje	0,294	0,231	1,663	0,100
Color	Coefficiente de variación RGB	1,861	0,359	3,660	0,000
	RGB-VERDE	0,025	0,199	2,003	0,049

cómo existen 10 coeficientes (sombreados en gris claro en la tabla 6) para los que no se puede descartar que sean iguales a cero ($\alpha=0,05$). Entre estos 10 coeficientes no se encuentra ninguno de los vinculados a las variables más relevantes citadas en el párrafo precedente. La representación gráfica de este modelo óptimo junto con los resultados de las encuestas para cada una de las fotografías se incluye en la figura 6.

En la figura 7 se presenta un gráfico que ilustra la relevancia de cada atributo en el modelo óptimo calculado. El peso de cada atributo se ha medido a través del porcentaje que la suma de los valores absolutos de los coeficientes de regresión referidos a cada atributo representan

sobre el total. Puede observarse en el gráfico incluido en la figura 7 la relevancia de los atributos color y composición espacial en la explicación de las preferencias.

El reparto expuesto en la figura 7 es coherente con los coeficientes de correlación lineal entre cada una de las variables y las preferencias otorgadas a las escenas. Como se observa en la tabla 7, los mayores resultados para este coeficiente, en valor absoluto, (sombreados en color gris en la tabla 7) son los referidos al color (valor medio y coeficiente de variación de la medida RGB y diferencia entre RGB y verde) y a la composición espacial (proporciones de terreno y de cielo sobre la superficie total).

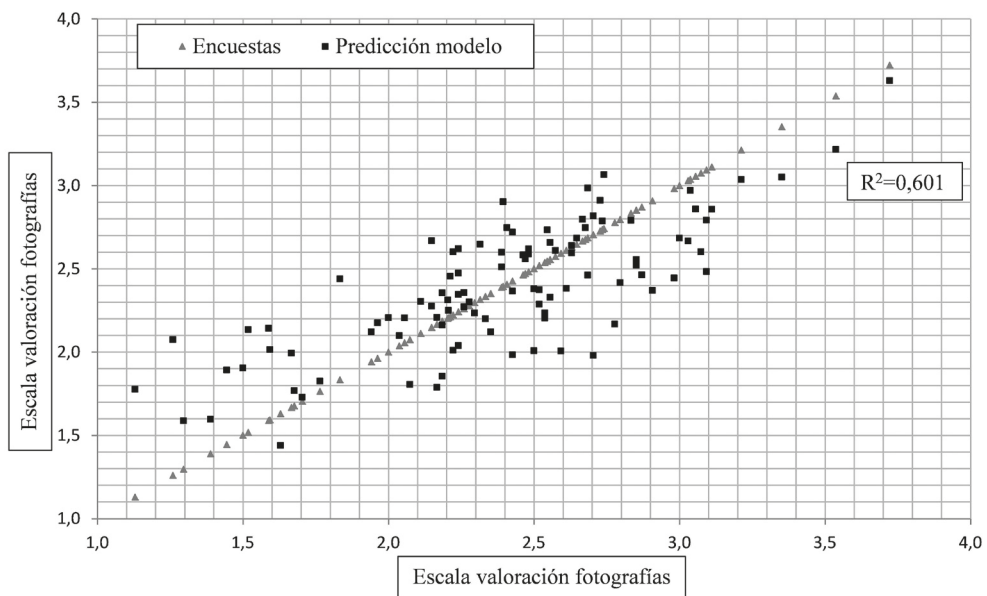


FIGURA 6. Representación del valor obtenido en las encuestas y de las predicciones del modelo.

Atributo	Valor absoluto	Porcentaje
Líneas	0,297	5,96%
Formas	0,359	7,20%
Textura	0,108	2,17%
Composición espacial	1,515	30,40%
Escala	0,818	16,42%
Color	1,886	37,85%

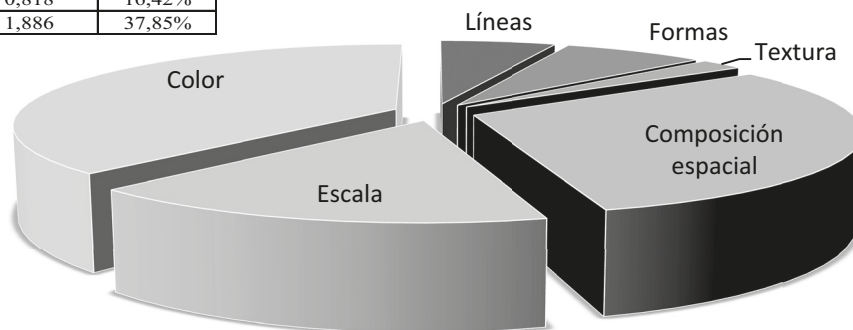


FIGURA 7. Importancia de cada uno de los atributos en el modelo a partir de la suma de los coeficientes de regresión.

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se ha desarrollado una estrategia que permite medir los atributos estéticos de forma objetiva y sistematizable basada en una relación de variables que pueden medirse directamente sobre fotografías. Esta técnica de medición de atributos, y por tanto de caracterización del paisaje, permite superar los inconvenientes

achacados a los atributos estéticos por García Moruno (1998), Muñoz-Pedreros (2004) o Zhao *et al.* (2013) que aluden a la dificultad para definirlos adecuadamente e incluso para medirlos de forma objetiva y sistematizable.

La estructura de las variables independientes en el modelo óptimo (Tabla 6) es el resultado de la mejor combinación posible de cara a explicar las preferencias. Por ello, la aplicación del modelo deducido para cualquier

TABLA 7. Coeficientes de correlación lineal entre las preferencias expresadas por la población y las variables empleadas para caracterizar los atributos

Líneas	Número		0,088	
	Longitud media		-0,223*	
	Coeficiente de variación longitud media		0,163	
Formas	Número		0,113	
	Superficie media		-0,009	
	Coeficiente de variación superficie media		0,059	
	Longitud media eje formas		0,084	
	Coeficiente de variación longitud media eje		-0,074	
	Ángulo medio eje		-0,021	
	Coeficiente de variación ángulo medio eje		-0,006	
Textura	Número de granos		0,158	
	Superficie media de granos		0,250*	
	Coeficiente de variación típica superficie media granos		-0,117	
Composición espacial	Superficie terreno	Proporción sobre el total	0,379*	
	Superficie cielo	Proporción sobre el total	-0,379*	
	Línea del horizonte	Número		0,195
		Longitud media		-0,049
		Coeficiente de variación longitud media		0,012
Escala	Elementos	Número		-0,040
		Superficie media		-0,191
		Coeficiente de variación superficie media		-0,048
	Ejes	Longitud	Media	-0,204*
		Ángulo	Coeficiente de variación	-0,013
			Media	-0,064
Color	RGB	Valor medio	-0,381*	
		Coeficiente de variación	0,526*	
	RGB-Rojo	Valor absoluto	-0,013	
	RGB-Azul	Valor absoluto	-0,258*	
	RGB-Verde	Valor absoluto	0,373*	

* Coeficientes de correlación lineal estadísticamente significativos (Contraste basado en distribución t-Student, $\alpha=0,05$)



otro paisaje comparable garantiza que el valor obtenido será indicativo de las preferencias por ese paisaje. Puede por tanto ser aplicado por cualquier individuo capaz de medir las variables independientes del modelo en una fotografía. Ello hace que pueda considerarse superada la discusión relativa a los modelos basados en la percepción o los basados en expertos, analizada por Daniel (2001) o por Lothian (1999).

El modelo óptimo deducido para predecir las preferencias de la población permite explicar una proporción de la varianza de las preferencias que en términos absolutos supera a 60%. Este dato es intermedio a los resultados obtenidos en otros trabajos. Franco *et al.* (2003) alcanzaron 99,1% referido al efecto de operaciones agroforestales, Arriaza *et al.* (2004) 50% para paisajes rurales o Schirpke *et al.* (2013) 72% para paisajes alpinos. La porción de las preferencias explicada por el modelo puede interpretarse como la componente compartida por todos los individuos, relacionada con factores innatos, explicable a través de la relación de atributos estéticos incluidos en el modelo. Por el contrario, la porción no explicada sería achacable a las influencias diferenciales (factores adquiridos de carácter individual, social o cultural) de cada individuo.

La contribución de factores innatos y adquiridos de cara a explicar la percepción y el valor asignado a los paisajes ha sido estudiada por diferentes autores, encontrando resultados de diferente naturaleza. Algunos autores concluyen que la componente común a las preferencias por los paisajes es mayoritaria. Este es el caso, por ejemplo, de Van den Berg y Koole (2006), quienes observaron que la influencia de los factores sociales y culturales alcanzaba a explicar 16% de las preferencias por paisajes con diferente grado de intervención humana, conclusiones similares a las deducidas en otros estudios como los llevados a cabo por Howley *et al.* (2012) o Svobodova *et al.* (2012). Por el contrario, otros autores como Arbogast *et al.* (2000) demostraron que la mayor influencia procedía del efecto de los factores sociales y culturales. Stamps (1996) también se sitúa en esta última línea y concluye que la mayor parte de la varianza es imputable a variables sub-

jetivas (basadas en el efecto de los condicionantes adquiridos), mientras que la parte de la varianza basada en atributos objetivos es muy inferior (30% frente a 7%). Los resultados obtenidos en el presente trabajo, especialmente el valor del coeficiente de determinación, nos sitúan en la línea de los autores que abogan por la mayor relevancia de los factores innatos sobre las preferencias por los paisajes.

Centrando el análisis en la estructura del modelo, la mayor relevancia de los atributos color y composición espacial obliga a descartar los métodos de valoración que asignan el mismo peso a cada atributo y se confirman las conclusiones de González (2000) y Otero (2009) que apuntaban al color como el atributo más relevante. Esta mayor relevancia del color es también apoyada por los estudios referidos a la psicología de la percepción ya referidos en el presente trabajo. Si los resultados del modelo se analizan a la vista de cada una de las variables concretas, se observa cómo las dos variables con mayor peso dentro del modelo, medidas a través de los coeficientes de regresión tipificados (tabla 6), son la superficie media de los granos y la variabilidad de la medida RGB, ambas con signo positivo. La primera de ellas está relacionada con la presencia de conjuntos arbóreos que constituyen textura. La mayor preferencia por estas formaciones vegetales sería acorde con los resultados obtenidos por algunos autores como por ejemplo Arriaza *et al.* (2004) o Kaltenborn y Bjerke (2002) que observaron preferencias crecientes por la vegetación percibida como natural. La relevancia de la variabilidad vinculada al color implica preferencias crecientes por fotografías en las que mayor es la variabilidad del color. Este resultado es coherente con el observado por Junge *et al.* (2011) en cuanto a las preferencias crecientes por la diversidad en las fotografías o, de forma más concreta, por Arriaza *et al.* (2004) que observaron preferencias crecientes por el contraste de color en las fotografías.

Las variables que mayor relevancia ejercen sobre las preferencias en sentido negativo, medidas a través de los coeficientes de regresión tipificados (tabla 6), son el número de líneas y la variabilidad en la longitud del eje de los elementos incluidos en la variable escala. Ambas varia-

bles están relacionadas con las escenas en las que se combinan infraestructuras lineales o edificaciones (ambas con un eje de dominancia vertical) con el resto de elementos del paisaje en los que resulta más frecuente la presencia de elementos con eje horizontal. Este resultado denota la menor preferencia de los individuos por los elementos de carácter antrópico y coincide con lo observado por otros autores como Luckmann *et al.* (2013).

CONCLUSIONES

En la presente investigación se ha desarrollado un método para valorar el paisaje forestal de uso mayoritario monte bajo y pastizal mediterráneo. Este método de valoración del paisaje permite superar los inconvenientes achacados a los modelos actuales, referidos a la subjetividad en la determinación de las características del paisaje y a la consideración de la población en la determinación del valor. Su vinculación con los atributos estéticos garantiza la cercanía con los mecanismos de percepción humana. Además, la totalidad de variables empleadas para la caracterización de los atributos estéticos pueden ser medidas de forma objetiva, con lo que se limita la complejidad para su cuantificación.

El modelo se ha construido de forma que las preferencias de la población actúan como variable dependiente, que condiciona las ponderaciones asignadas a cada una de las independientes. Esto garantiza que las preferencias quedan incorporadas en el modelo y que son ellas quienes definen la forma en la que las distintas variables explicativas participan en la justificación de las preferencias. A la vista de los resultados del modelo (coeficiente de determinación), se puede afirmar que la mayor parte de la variabilidad en las preferencias por el paisaje analizado se explica a partir de factores comunes a todos los individuos consultados (60,1% de la variabilidad en las preferencias), quedando la menor parte (39,9% de la variabilidad en las preferencias) explicada por la influencia de los condicionantes sociales y culturales que justificarían las diferencias individuales en la valoración del paisaje.

El modelo óptimo para deducir el valor del paisaje adopta una estructura lineal y las dos variables que

ejercen un efecto más relevante sobre las preferencias están relacionadas con el color y la textura. La combinación de variables independientes que conforman el modelo óptimo permite concluir que las preferencias de la población son crecientes ante fotografías en las que existe diversidad de elementos vegetales de diferente tamaño que conforman un patrón en la imagen (variable superficie media de los granos) y en las que existe contraste entre la gama de colores presentes (variable coeficiente de variación de la medida RGB). Por el contrario, las preferencias son decrecientes en relación a elementos de carácter antrópico tales como infraestructuras lineales y edificaciones (variables longitud media de las líneas y coeficiente de variación de la longitud del eje de los elementos incluidos dentro de la variable escala). Finalmente, centrando el análisis en los atributos, la estructura del modelo óptimo deducido permite concluir que color y composición espacial son los dos atributos que en mayor medida contribuyen a modelar las preferencias.

REFERENCIAS

- Altamirano, A., A. Miranda, y C. Jimenez. 2012. Incertidumbre de los índices de paisaje en el análisis de la estructura espacial. *Revista Bosque (Valdivia)* 33(2):171-181.
- Ambrosio, L. 2000. *Econometría*. Servicio de Publicaciones Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 211 p.
- Arbogast, F., D.H. Knepper y W.H. Langer. 2000. *The Human factor in Mining reclamation*. US Geological Survey Circular 1191. US Department of the Interior, US Geological Survey. Denver. 28 p.
- Arriaza, M., J.F. Cañas-Ortega, J.A. Cañas-Madueño y P. Ruiz-Avilés. 2004. Assessing the visual quality of rural landscapes. *Landscape and Urban Planning* 69(1):115-125.
- Bartels, A. y S. Zeki. 2006. The temporal order of binding visual attributes. *Vision Research* 46(14):2280-2286.
- Berleant, A. 2010. Reconsidering Scenic Beauty. *Environmental Values* 19(3):335-350.
- B.L.M. 1980a. *Visual Resource Management*. Manual 8400. Bureau of Land Management. Washington. 15 p.



- B.L.M. 1980b. Visual Resource Inventory. Manual H-8410-1. Bureau of Land Management. Washington. 28 p.
- B.L.M. 1980c. Visual Resource Contrast Rating. Manual 8431. Bureau of Land Management. Washington. 32 p.
- Borst, G. y S.M. Kosslyn. 2008. Visual mental imagery and visual perception: Structural equivalence revealed by scanning processes. *Memory & Cognition* 36(4):849-862.
- Cañas, I., E. Ayuga y F. Ayuga. 2009. A contribution to the assessment of scenic quality of landscapes based on preferences expressed by the public. *Land Use Policy* 26(4):1173-1181.
- Chapa-Bezanilla, D., J. Sosa-Ramírez y A. de Alba-Ávila. 2008. Estudio multitemporal de fragmentación de los bosques en la sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques* 14(1):37-51.
- Daniel, T.C. 2001. Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21st century. *Landscape and Urban Planning* 25:267-281.
- Daniel T.C. y R.S. Boster. 1976. Measuring landscape aesthetics: the scenic beauty estimation method. Research Paper RM-167. USDA Forest Service. Washington, EUA. 66 p.
- Daniel, T.C. y J. Vining. 1983. Methodological issues in the assessment of landscape quality. In: I. Altman y J. Wohlwill, eds. Behaviour and the natural environment. Plenum Press. Nueva York. p:39-83.
- Deng, S.Q., J.F. Yan, Q.W. Guan y M. Katoh. 2013. Short-term effects of thinning intensity on scenic beauty values of different stands. *Journal of Forest Research* 18(3):209-219.
- Franco, D., D. Franco, I. Mannino y G. Zanetto. 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 de la construcción* 50(458):71-73.
- Gobster, P.H. y R.E. Chenoweth. 1989. The dimensions of aesthetic preference: a quantitative analysis. *Journal of Environmental Management* 29:47-72.
- González, R. 2000. La fotografía como elemento para el análisis y la simulación del paisaje forestal. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 719 p.
- Hofmann, M., J.R. Westermann, I. Kowarik y E. Van der Meer. 2012. Perceptions of parks and urban derelict land by landscape planners and residents. *Urban Forestry and Urban Greening* 11:303-312.
- Howley, P., C.O. Donoghue, y S. Hynes. 2012. Exploring public preferences for traditional farming landscapes. *Landscape and urban planning* 104:66-74.
- Junge, X., P. Lindemann-Matthies, M. Hunziker y B. Schupbach. 2011. Aesthetic preferences of non-farmers and farmers for different land-use types and proportions of ecological compensation areas in the Swiss lowlands. *Biological Conservation* 144(5):1430-1440.
- Kaltenborn, B. y T. Bjerke. 2002. Visualization on forest landscape preference research: a finish perspective. *Landscape and urban planning* 59(1):1-11.
- Krause, C.L. 2001. Our visual landscape—Managing the landscape under special consideration of visual aspects. *Landscape Urban Planning* 54:239-254.
- Lewis, K.J.S., G. Borst y S.M. Kosslyn. 2011. Integrating visual mental images and visual percepts: new evidence for depictive representations. *Psychological Research-Psychologische Forschung* 75(4):259-271.
- Lothian, A. 1999. Landscape and the philosophy of aesthetics: Is landscape quality inherent in the landscape or in the eye of the beholder? *Landscape and Urban Planning* 44:177-198.
- Luckmann, K., V. Lagemann y S. Menzel. 2013. Landscape assessment and evaluation of young people: Comparing nature-orientated habitat and engineered habitat preferences. *Environmental and Behavior* 41(1):86-112.
- Milani, R. 2009. Esthétiques du paysage. Art et contemplation, Arles. Actes Sud. 239 p.
- Mühlhauser, S.H., G. de la Fuente, J.A. Atauri y J.V. de Lucio. 2004. Influencia de la heterogeneidad del paisaje en la calidad escénica: el caso precordillerano andino de la cuenca de Santiago. *Revista de Geografía Norte Grande* 32:129-138.

- Muñoz-Pedrerros, A. 2004. La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. *Revista Chilena de Historia Natural* 77:139-156.
- Nielsen, A.B., E. Heyman y G. Richnau. 2012. Liked, disliked and unseen forest attributes: Relation to modes of viewing and cognitive constructs. *Journal of Environmental Management* 113:456-466.
- Otero, L. 2009. Arquitectura y diseño del paisaje forestal: impacto de las plantaciones en el sur de Chile. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, 2009.
- Rubio, P. y J. Muñoz. 2008. Gestión del Paisaje en áreas de interés natural. *Cuadernos Geográficos* 43:271-288.
- 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., E. Tasser y U. Tappeiner. 2013. Predicting scenic beauty of mountain regions. *Landscape and Urban Planning* 111:1-12.
- Sheppard, S.R.J. 2004. Visual analysis of forest landscapes. In Burley, J. Editor. Elsevier Encyclopedia of Forest Sciences, Landscape and Planning Section. Oxford. p:440-450.
- Smardon, R.C. Appleyard, D. Sheppard, S.R.J. y S. Newman. 1979. Prototype Visual Impact Assessment Manual. Syracuse State University. Nueva York. 113 p.
- Smith, E.L., I.D. Bishop, K.J.H. Williams y R.M. Ford. 2012. Scenario Chooser: An interactive approach to eliciting public landscape preferences. *Landscape and Urban Planning* 106(3):230-243.
- Sevenant, M. y M. Antrop. 2011. Landscape representation validity: a comparison between on-site observations and photographs with different angles of view. *Landscape Research* 36(3):363-385.
- Stamps, A.E. 1996. People and places: Variance components of environmental preferences. *Perceptual and Motor Skills* 82:323-334.
- Svobodova, K. Sklenicka, P. y K. Molnarova. 2012. Visual preferences for physical attributes of mining and post-mining landscapes with respect to the sociodemographic characteristics of respondents. *Ecological engineering* 43:34-44.
- Van den Berg, A.E. y S.L. Koole. 2006. New wilderness in the Netherlands: An investigation of visual preferences for nature development landscapes. *Landscape and Urban Planning* 78:362-372
- Velázquez, J., S. Zubelzu, P.M. Díaz y A. Hernández. 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 XI Congreso Nacional de Medioambiente. Madrid, 26-30 de Noviembre de 2011.
- Wang, B.Z, P. He, S.Q. An y S.Y. Shen. 2012. Modeling scenic quality of wetland landscape resources in South Dongting Lake, China. *Chinese Geographical Science* 22:578-589.
- Young, C. y M. Wesner. 2003. Valores estéticos de los bosques: medición del impacto visual de las operaciones forestales. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales. Unisylva* 54:23-37.
- Zeki, S. 2001. Localization and globalization in conscious vision. *Annual Review of Neuroscience* 24:57-86.
- Zhao, J.W., R.H. Wang, Y.L. Cai y P.J. Luo. 2013. Effects of visual indicators on landscape preferences. *Journal of Urban Planning and Development-ASCE* 139(1):70-78.
- Zubelzu, S. 2014. Estadística. Teoría y problemas. García Maroto Editores, S.L. Madrid. 520 p.

Manuscrito recibido el 12 de septiembre de 2013.

Aceptado el 4 de octubre de 2014.

Este documento se debe citar como:

Zubelzu, S. y A. Hernández. 2015. Método de valoración de paisajes forestales basado en el uso de atributos estéticos como variables explicativas de las preferencias. *Madera y Bosques* 21(1):45-62.