

Anexo II. Procedimiento de cálculo del índice de conectividad ecopaisajística

Las áreas ecológicas funcionales (AEF)

En el presente estudio se ha realizado una simplificación de la metodología original definida por Marull & Mallarach (2002). Para determinar mosaicos agrícolas C_1 o forestales C_2 se agruparon las unidades del paisaje con valor ecológico según su afinidad (tabla 4) y, posteriormente, se realizó un análisis topológico en función de criterios de superficie mínima ($S_r = 50 - 200$ ha) y distribución estadística ($D \geq 30\%$). A continuación, se procedió con un segundo análisis topológico a partir de las superficies que no cumplieron las condiciones para ser consideradas mosaicos simples, agrupándolas en mosaicos agroforestales C_3 , siguiendo los mismos criterios que se han descrito anteriormente. Finalmente, las superficies que no fueron consideradas en ninguna de las clases de áreas ecológicas funcionales y que, además, estaban desconectadas de éstas, se clasificaron como áreas residuales aisladas C_7 .

Tabla A.4. Determinación de las áreas ecológicas funcionales (AEF).

Área ecológicas funcional		Unidad del paisaje	S_r
C_1	Mosaico forestal	U_4, U_5	≥ 200 ha
C_2	Mosaico agrícola	U_4, U_5	≥ 100 ha
C_3	Mosaico agroforestal	U_4, U_5, U_4, U_5	≥ 50 ha

El índice de afectación de las barreras (IAB)

A partir de una clasificación ponderada de los usos del suelo que actúan como barrera a la conectividad ecológica, se realiza un análisis de su afectación en el espacio, considerando los elementos permeables (túneles y puentes). El algoritmo que se propone se basa en un modelo computacional de distancia de costos de desplazamiento, que incorpora el peso de cada clase barrera (tabla 5) y una matriz de afectación potencial de los usos del suelo (tabla 6), que se han definido según juicio experto.

Tabla A.5. Clases de usos del suelo que actúan como barrera (B_s)

Clase barrera		Unidad del paisaje*	Peso base (b_s)	$ks_1^{(1)}$	$ks_2^{(1)}$
B_1	Espacios ajardinados	U_7	$b_1 = 20$	$k1_1 = 11,100$	$k1_2 = 0,253$
B_2	Comunicaciones secundarias	U_8	$b_2 = 40$	$k2_1 = 22,210$	$k2_2 = 0,123$
B_3	Espacios acuáticos	-	$b_3 = 60$	-2	-2
B_4	Comunicaciones principales	U_8	$b_4 = 80$	$k4_1 = 44,420$	$k4_2 = 0,063$
B_5	Espacios urbanos	U_7	$b_5 = 100$	$k5_1 = 55,520$	$k5_2 = 0,051$
(1) Constantes para una caída logarítmica del 30% ($a = 0.3$)				$a = Y_s ((b_s / 2) / b_s$	
(2) Para $s = 3$ no hay afectación del espacio circundante				$Y_3 = b_3$	
* Se incluye información sobre tipologías urbanas e infraestructuras para los diferentes escenarios.					

Tabla A.6. Matriz de afectación potencial de los usos del suelo (M_A)

Clase afectación		Unidad del paisaje	Coefficiente de afectación (A_n) ⁽¹⁾	Valor de afectación (L_n)
V_1	Neutros	U_3	$A_1 = 1000$ m	$L_1 = 0,10$
V_2	Agrícolas	U_4, U_5	$A_2 = 750$ m	$L_2 = 0,13$
V_3	Forestales	U_1, U_2	$A_3 = 500$ m	$L_3 = 0,20$
V_4	Barreras	U_7, U_8	$A_4 = 250$ m	$L_4 = 0,40$
V_5	Conectores	U_6	$A_5 = 1$ m	$L_5 = 100$
(1) A_n es la distancia máxima afectada significativamente por tipología				$(L_n = b_s / A_n)$

El modelo aplica la función CostDistance del programa ArcGis (ESRI, 2000) y utiliza dos bases de datos: una superficie "origen" para cada clase barrera (X_{B_s} ; $s = 1...5$) y una superficie de "impedancia" procedente de la matriz de afectación potencial (X_A). A partir de este proceso, se obtiene una

distancia de costos adaptada ($d'_s = b_s - d_s$; donde $b_s - d_s \geq 0$; siendo d_s la distancia de costos). Posteriormente, en base a determinados estudios (Kaule, 1997; Hoofthman y Kuijfhout, 1997), se asume que el efecto de una barrera antropogénica Y_s a un punto del espacio circundante es loga-

rítmico y decreciente en función de la distancia:

$$Y_s = b_s - k_{s1} \ln (k_{s2} (b_s - d^s) + 1)$$

Donde b_s es el peso de cada barrera (en base a la densidad residencial o a la intensidad de tráfico), k_{s1} y k_{s2} son constantes (adaptan el gráfico a la distribución obtenida según datos empíricos) y d^s es la distancia de costos adaptada para cada barrera. El efecto barrera (Y) se define como la suma de los efectos de todas las clases barrera obtenidas y su expresión cartográfica resulta en una superficie X_Y :

$$Y = \sum_{s=1}^{s=n} Y_s$$

Finalmente, se propone el siguiente algoritmo:

$$IAB = 10 (Y_i / Y_{max})$$

Donde Y_i es el valor del efecto barrera total en cada punto del territorio y Y_{max} es el valor máximo que alcanza el valor del efecto barrera en el ámbito de estudio considerado.

El índice de conectividad ecológica (ICE)

El algoritmo que se propone para determinar la conectividad ecológica entre sistemas naturales, se basa en un modelo computacional de distancia de costos de desplazamiento, que considera las diferentes clases de áreas ecológicas funcionales a conectar y una superficie de impedancia de los usos del suelo que incorpora una matriz de afinidad potencial (tabla 7) y el efecto de las barreras antropogénicas.

Tabla A.7. Matriz de afinidad potencial de los usos del suelo por clase de área ecológica funcional (M_{C_r})

Unidad del paisaje	C_1	C_2	C_3
U ₁ Bosque	0	0,6	0,3
U ₂ Matorral	0	0,6	0,3
U ₃ Áreas denudadas	0,9	0,9	0,9
U ₄ Cultivos herbáceos	0,6	0	0,3
U ₅ Cultivos leñosos	0,6	0	0,3
U ₆ Red fluvial	0,1	0,1	0,1
U ₇ Áreas urbanas	1	1	1
U ₈ Infraestructuras viarias	1	1	1

El modelo aplica la función CostDistance del programa ArcGis y utiliza dos bases de datos: una superficie “origen” para cada clase de área ecológica funcional (X_{C_r} ; $r = 1...3$) y una superficie de “impedancia” resultado de aplicar el efecto de las barreras sobre la matriz de afinidad potencial ($X_i = X_{C_r} + X_Y$). De este modo, se obtiene una distancia de costos adaptada por clase de área ecológica funcional ($d^r \geq 20.000$; para evitar información no relevante o enmascaramiento de resultados). Finalmente, se calcula el valor de las sumas de las distancias de costos adaptadas.

$$x = \sum_{r=1}^{r=n} d^r$$

Para facilitar la interpretación y la comparación de los resultados obtenidos, se decidió transformar los valores continuos de la distancia de costos a valores discretos basados en una escala decimal. Además de ello, se aplicó una escala logarítmica neperiana para enfatizar los valores elevados, dado que los valores bajos están asociados a las áreas más artificializadas, que menos interés ofrecen para la conectividad ecológica. Se utilizó el denominado índice conectividad ecológica básica (ICE_b), para calcular la conectividad que existe entre distintas clases de áreas ecológicas funcionales segregadas.

$$ICE_b = 10 - 9 (\ln (1 + x_i) / \ln (1 + x_i))^{10}$$

Donde x_i es el valor de la distancia de costos por píxel, mientras que x_i es el valor máximo teórico de la distancia de costos.

Finalmente, de dicho caso particular se deriva el denominado índice de conectividad ecológica absoluta (ICE_a), que incorpora todas clases de áreas ecológicas funcionales existentes en un ámbito territorial concreto, obteniéndose mediante la suma de todos los ICE_b :

$$ICE_a = \sum_{m=1}^{m=n} ICE_b$$

Donde m es el número de clases de áreas ecológicas funcionales consideradas.

En el presente trabajo, utilizamos ICE_a para cuantificar las variaciones en la conectividad ecológica, consecuencia de la transformación histórica de la estructura eco-paisajística del Vallès.