



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Área de Ecología

Asignatura: Planificación y Ordenación del Territorio

Curso 4º

Profesora: M. C. Lozano

mclozano@uma.es

## **PLANIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO**

### **SEMINARIO: ANÁLISIS DE LA FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD DE HÁBITATS**

#### **INTRODUCCIÓN**

La conectividad del paisaje se suele definir como la facilidad o el impedimento que presenta el paisaje para el desplazamiento de las especies entre teselas o parches de hábitat. Las principales amenazas que impiden que un territorio se encuentre conectado son la pérdida de hábitat y la fragmentación (Salido Pérez, 2013; WWF, 2015). La reducción y fragmentación de los hábitats naturales o seminaturales de nuestro planeta con su secuela de pérdida de especie está considerada como una de las amenazas más frecuentes y ubicuas para la conservación de la biodiversidad (Turner, 1996; Santos y Tellería, 2006). Las causas de la fragmentación o pérdida de hábitat son las barreras artificiales, las barreras naturales y las barreras culturales. Las principales barreras artificiales están formadas por la infraestructura viaria, la urbanización y los usos del suelo. Por su parte, las principales barreras naturales corresponden con las alineaciones montañosas y los grandes ríos por último la barrera cultural, o dicho de otro modo, la cultura que prioriza el ambiente antrópico al natural (Salido Pérez, 20013; WWF, 2015).

Con frecuencia se utilizan indistintamente los conceptos de conectividad y corredores como sinónimos. Sin embargo, la conectividad debiera ser el objetivo a seguir. Los corredores son sólo una de las opciones a utilizar para facilitar la conectividad. Así un corredor ecológico se define como un elemento del paisaje cuya función es la de conectar dos o más sectores con características ambientales similares de manera que sea transitable y sirva de conducto a los desplazamientos de las especies (Salido Pérez, 20013; WWF, 2015). Por ello es fundamental integrar los criterios de conectividad ecológica en la planificación territorial y sectorial.

#### **MEDIDAS DE LA CONECTIVIDAD**

Existen tres clases de medidas de conectividad basadas en las interacciones entre especies focales y el paisaje: conectividad estructural, conectividad funcional potencial y conectividad funcional real.

La conectividad estructural se deriva de los atributos físicos del paisaje, así como, tamaño, forma y localización de las teselas o parches de hábitat.

La conectividad real se basa en la observación del movimiento de los individuos dentro y fuera de las teselas focales o a través de un paisaje.

La conectividad potencial combina los atributos físicos del paisaje con la información de la habilidad de dispersión de una especie para predecir el grado de conexión entre teselas o parches de hábitats para una especie dada. En esta clase se encuentran las métricas basadas en la teoría de grafos que se han demostrado como muy eficaz y efectiva para representar el paisaje y realizar análisis complejos sobre la conectividad del paisaje. Entre los índices más avanzado y útiles para la toma de decisiones y la planificación del territorio se encuentra el índice integral de conectividad, índice de probabilidad de conectividad e índice de área conexas equivalente entre otros (ver Saura, S., Pascual-Horta, L. 2007). Los dos primeros serán analizados en este seminario.

## **OBJETIVOS**

Cuantificar la importancia de los parches de hábitat y los vínculos para mantener o mejorar la conectividad del paisaje mediante gráficos espaciales y métrica de disponibilidad (accesibilidad) de hábitat.

## **INTRODUCCIÓN TEÓRICA**

Para el análisis de la conectividad entre hábitats se utilizan distintos índices binarios y probabilísticos. Sin embargo, el índice de probabilidad de conectividad (PC) y el índice integral de conectividad (IIC) son quizás los más recomendables para este tipo de análisis.

### Índice de conectividad (índice de disponibilidad de hábitat):

- Índice integral de conectividad (IIC) (índice binario)
- Probabilidad de conectividad (PC) (índice probabilístico)

Estos índices:

- Evalúan la mejora de la conectividad de nuevos sitios de hábitat potenciales que se pueden agregar al paisaje (a través de la creación o restauración de hábitats).
- Cuantifican la importancia para mantener la conectividad de los sitios de hábitat que ya existen en el paisaje.
- Proporciona las probabilidades máximas de productos entre nodos.
- El archivo de conexión solo incluye aquellos pares de nodos que están conectados directamente por algún grado.

La conectividad se aborda desde una perspectiva funcional, es decir, se considera:

- la disposición espacial del hábitat (conectividad estructural)
- la distancia de dispersión
- la respuesta conductual de individuos o especies a la estructura física del paisaje

Las entradas son:

- estructura espacial

- configuración del mosaico del paisaje
- capacidad de dispersión

Que se resumen en:

- patrón de parches de hábitat
- distancia de dispersión

Las salidas son:

- la importancia de cada nodo individual (parche de hábitat) para mantener conectividad
- permite clasificar los parches de hábitat (priorizar parches)

### **TÉRMINOS**

**GRÁFICOS DE PAISAJE:** un gráfico es un conjunto de nodos (o vértices) y enlaces (o bordes).

**NODOS:** sitios de hábitat adecuados (están rodeados de hábitat inhóspitos).

**ENLACES:** simbolizan la capacidad potencial de una especie para dispersarse directamente entre dos nodos.

**CONECTIVIDAD:** propiedad del paisaje que determina la cantidad de hábitat alcanzable en el paisaje.

**NODOS DE HÁBITAT:** áreas de hábitats.

**RUTA:** una ruta está formada por un conjunto de pasos en los que ningún nodo es visitado más de una vez, donde un paso es un movimiento directo de un dispersor entre dos nodos, sin pasar por ningún otro nodo intermedio.

### **CARACTERÍSTICAS DE LAS CONEXIONES ENTRE NODOS**

El análisis de conectividad considera que las conexiones son simétricas.

Tipos de conexiones:

- distancias (entre nodos)
- probabilidad de dispersión directa entre nodos
- enlaces (para índices basados en modelos de conexión binaria: 0 no existe enlace; 1 existe enlace)

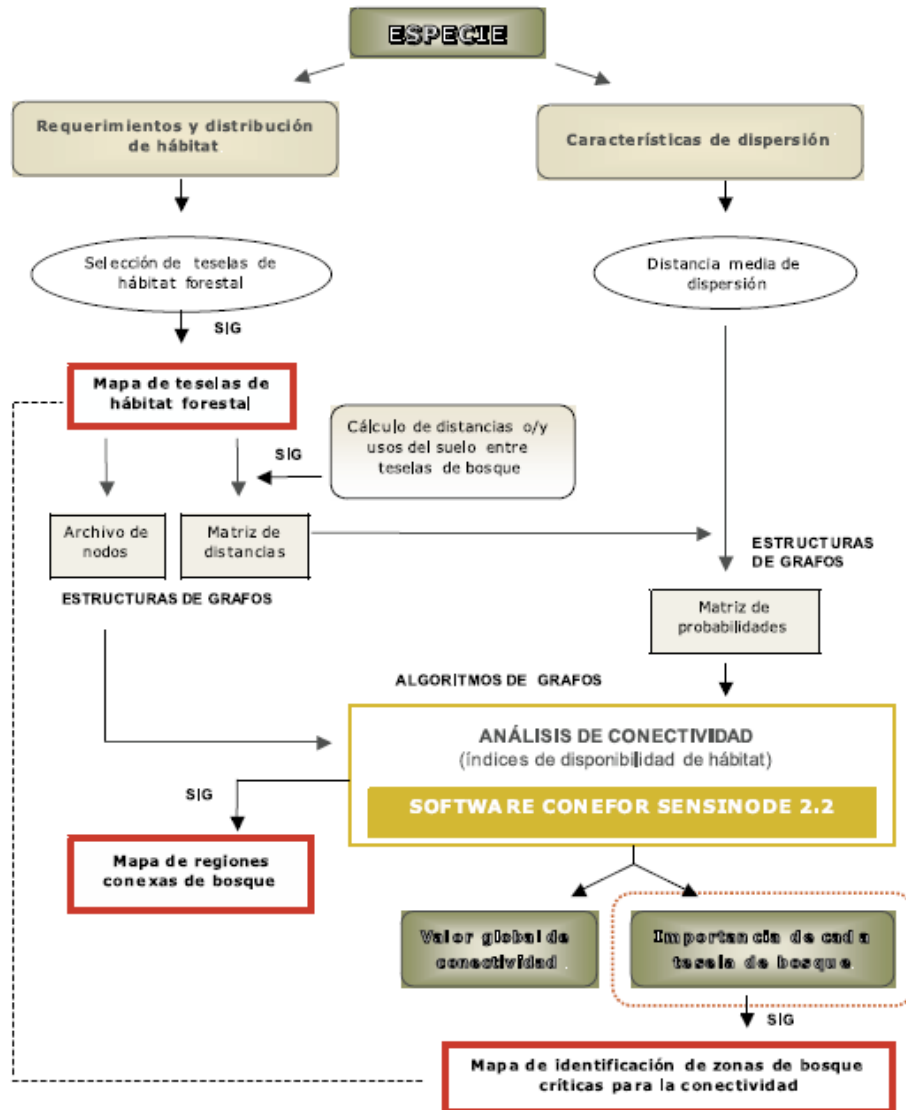


Figura 1.- Esquema de la metodología de análisis de conectividad propuesta y de los datos de entrada y resultados obtenidos. Las teselas (nodos) pueden ser también otras unidades de bosque tales como píxeles, rodales, tramos o montes completos, dependiendo del nivel de detalle y de los objetivos del análisis

## TIPOS DE ÍNDICES

### Binarios:

IIC = índice integral de conectividad

$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{a_i a_j}{1 + n |_{ij}}}{A_L^2}$$

Valores: 0 o 1

IIC altos: conectividad mejorada

## Probabilísticos

PC = probabilidad de conectividad

Valores: entre 0-1

PC altos: conectividad mejorada

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j p_{ij}^*}{A_L^2}$$

n = número total de nodos de hábitat en el paisaje

$a_i$  ;  $a_j$  = atributo de los nodos i y j

$A_L$  = atributo máximo del paisaje

$P_{ij}^*$  = probabilidad máxima del producto de todas las rutas posibles entre los parches i y j (incluidas las rutas de un solo paso).

Si los nodos i y j están lo suficientemente cerca, la ruta de máxima probabilidad será simplemente el paso (movimiento directo) entre los nodos i y j ( $P_{ij}^* = P_{ij}$ ) = (si sólo hay un paso directo  $P_{ij}^* = P_{ij}$ )

Si los nodos i y j están distantes, la ruta “mejor” (probabilidad máxima) probablemente comprenderá varios pasos a través de nodos intermedios ( $P_{ij}^* > P_{ij}$ ) = si hay una ruta donde debe pasar por distintos parches, la probabilidad máxima será el producto de las probabilidades  $p_{ij}^* > p_{ij}$

Cuando dos nodos están completamente aislados  $p_{ij}^* = 0$

Cuando  $i = j$   $p_{ij}^* = 1$

Esto se relaciona con el concepto de disponibilidad de hábitat en el que un parche de hábitat en sí mismo se considera un espacio donde existe conectividad.

La ruta de máxima probabilidad será la ruta más corta en término de unidades de distancia.

Por lo tanto, PC será la probabilidad de que dos animales (dispersores) colocados al azar dentro del paisaje caigan en áreas de hábitat que son alcanzables entre sí (interconectadas) dado el conjunto de parches de hábitat y las conexiones ( $p_{ij}$ ) entre ellos.

$p_{ij}^*$  = probabilidad máxima = la mejor ruta (el producto de los caminos más cortos)

Cuando  $p_{ij}^*$  = es bajo, menor conectividad.

## Atributo máximo del paisaje

$A_L$  es el valor de atributo que se corresponde con un parche que cubre todo el paisaje con el mejor hábitat posible.

Si el atributo de nodo es área  $A_L$  es el área total del paisaje.

PC = 1 todo el paisaje ocupado por el hábitat

## **METODOLOGÍA**

Para el análisis de la conectividad y como afecta la fragmentación de hábitats utilizaremos el programa CONEFOR SENSODINE 2.6 que podéis descargar de forma gratuita en <http://www.conefor.org> junto a sus manuales de uso. También se encuentra disponible en CV en esta asignatura.

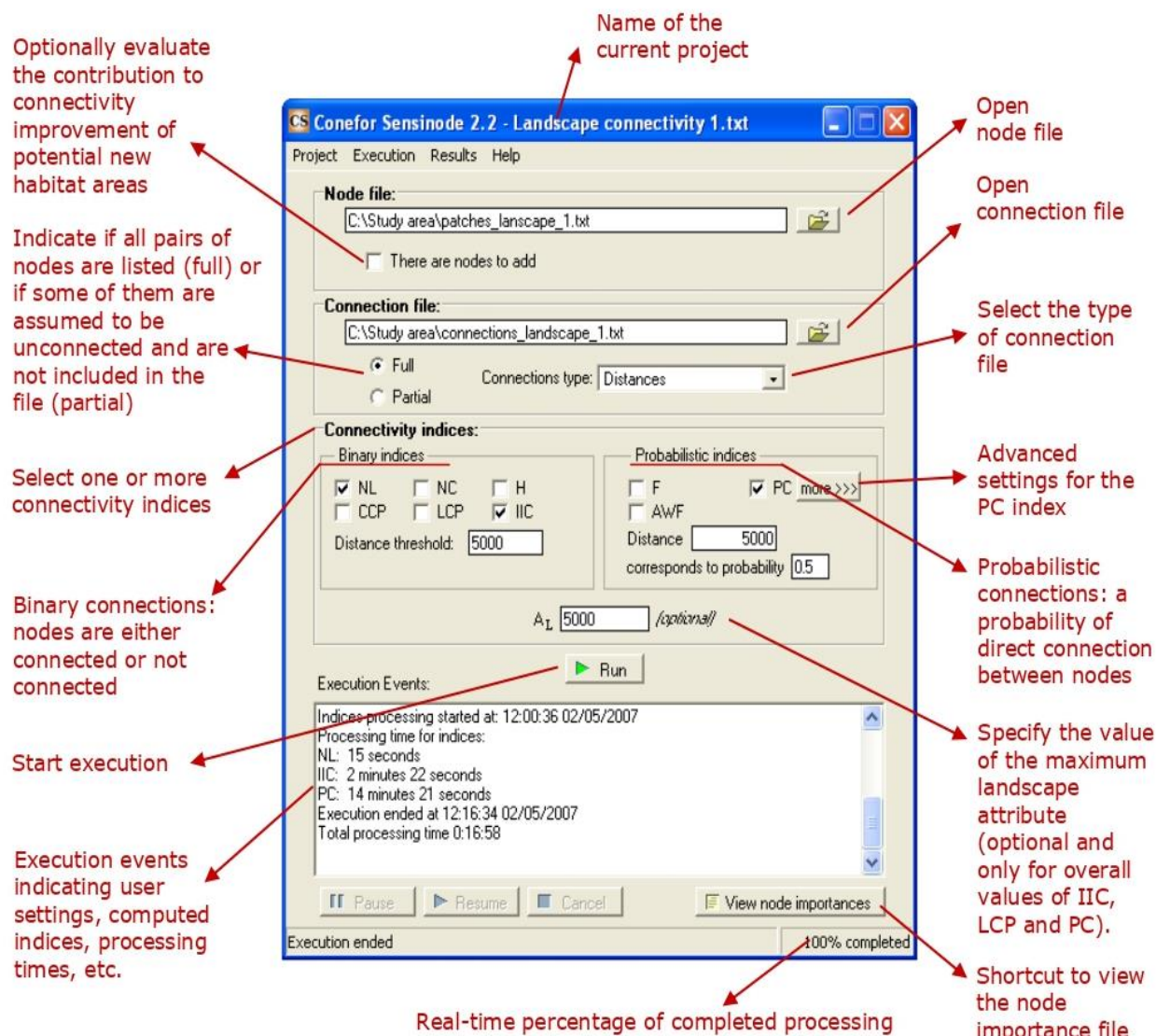
CONFOR SENSODINE 2.6 permite cuantificar la importancia de las áreas de hábitat y sus enlaces para el mantenimiento o mejora de la conectividad del paisaje, así como evaluar el impacto de los cambios de hábitat y uso del suelo en la conectividad. Se concibe como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones en conservación y planificación del paisaje, a través de la identificación y priorización de sitios críticos para la conectividad ecológica.

Como entradas de datos utiliza tanto la estructura espacial como la configuración del mosaico del paisaje (por ejemplo, patrón de parches de hábitat) y la capacidad de movimiento para la dispersión de las especies focales (por ejemplo, la distancia de dispersión). Tanto las entradas como las salidas constan de archivos numéricos (en formato de texto ASCII o DBF) que pueden obtenerse fácilmente o incorporarse en un GIS, un procesador de texto o un programa de hoja de cálculo.

Entre las salidas de datos cabe destacar la importancia de cada nodo individual (parche de hábitat) para mantener la conectividad global del paisaje, de acuerdo con diferentes índices. Esto permite clasificar los parches de hábitat (priorización de parches) por su contribución a la conectividad del paisaje, lo que proporciona criterios objetivos para la selección de las áreas de hábitat más críticas para fines de planificación de la conservación (la conectividad se concibe y mide como la propiedad del paisaje que determina la cantidad de hábitat alcanzable en el paisaje). Por lo tanto, analizaremos un conjunto de nodos (o vértices) y enlaces (o bordes) de modo que cada enlace conecta dos nodos. Los nodos aquí representan sitios de hábitat adecuado (parches, células, etc.) rodeados de hábitat inhóspito, mientras que los enlaces simbolizan la capacidad potencial de una especie para dispersarse directamente entre dos nodos.

Como resultado obtendremos valores de índices de disponibilidad de hábitat. En este seminario PC entre los probabilísticos (de 0 a 1, cuanto más próximo a 1 mejor conectividad) y IIC entre los binarios (0 o 1: existe o no existe conexión) (para más información consulta el manual de usuario del software).

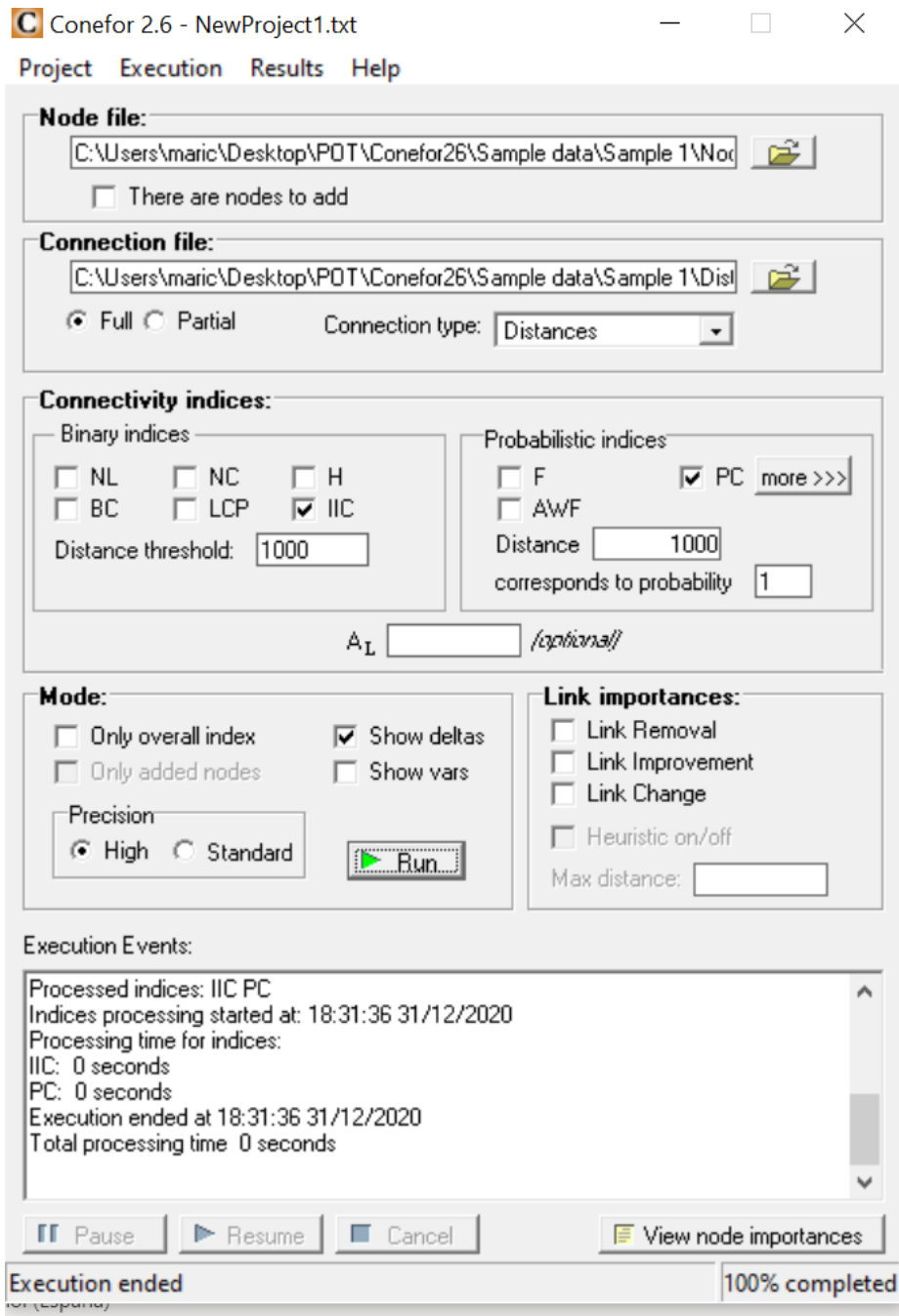
## GUÍA RÁPIDA



**Figure 2.** Main screen of the Conefor Sensinode 2.2 software.

### STEP BY STEP (Typical case)

1. Browse for the *node* and *connection* files on your computer.
2. Choose between *full* or *partial* format (usually the first) for the connection file and specify the *type of connections* in that file, usually *distances* (although it may also be *probabilities* or *links*).
3. Select the desired *connectivity index* or indices for the analysis.
4. Enter the distance threshold for the binary indices and/or both the distance and corresponding probability for the probabilistic indices.
5. Click on the *Run* button to start the execution process.
6. View or save the different results and the corresponding files (node importances, overall index values, components, internode links and/or probabilities, execution events).



## DATOS

Partimos de los siguientes datos:

- Conjunto de nodos: vértices
- Enlaces: bordes

Cada enlace conecta dos nodos (nodo: hábitat adecuado que se encuentra rodeado de hábitat inhóspito). Los enlaces simbolizan la capacidad potencial de una especie para dispersarse directamente entre dos nodos.

- Atributo de nodos: característica del nodo que se considera relevante para el análisis.

El formato de los archivos de datos debe ser en TEXTO ASCII estándar (\* .txt) con columnas separadas por espacios o tabulaciones. El archivo SOLO debe incluir VALORES NUMÉRICOS (las columnas no deben tener encabezados).

En el CASO ESTÁNDAR (no hay nodos para agregar) el archivo de nodo tiene DOS columnas:

- Columna 1: ID de nodo como valores numéricos (no se deben usar otros formatos de números o caracteres de texto en esta columna).
- Columna 2: atributos de nodo como valores numéricos no negativos.


Si se selecciona la opción "Hay NODOS PARA AGREGAR", el archivo de nodo debe tener TRES columnas:

- Columna 1: ID de nodo como valores numéricos (no se deben usar otros formatos de números o caracteres de texto en esta columna).
- Columna 2: atributos de nodo como valores numéricos no negativos.
- Columna 3: un valor entero de 0 o 1 que indica para cada nodo si ya existe en el paisaje (1) o es un candidato para ser añadido al paisaje (0). En esta columna no deben aparecer otros valores distintos de 0 o 1.

Tenga en cuenta que todos los nodos se enumeran en el mismo archivo (los que ya existen y los que se pueden agregar al paisaje). En todos los casos, el archivo de nodo DEBERÍA TERMINAR con una LÍNEA EN BLANCO.

Ejemplo:

Nodos1.txt

 \*Nodes1: Bloc de notas

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
1	175.579			
2	1152.253			
3	2019.460			
4	118.387			
5	1245.112			
6	526.244			
7	1357.954			
8	315.112			
9	534.599			
10	2553.804			
11	528.516			
12	14119.226			
13	596.076			
14	1499.917			
15	2384.843			
16	5146.084			
17	5577.975			
18	770.397			
19	195.692			
20	125.588			
21	360.268			
22	125.963			
23	851.529			
24	5642.016			
25	866.687			
26	2290.297			
27	208.135			
28	301.633			
29	7808.631			
30	726.160			
31	868.598			
32	2215.559			
33	574.144			
34	5686.647			
35	990.191			
36	2450.051			
37	173.000			
38	845.661			
39	1228.997			
40	403.648			
41	5577.975			

En la primera columna aparece el identificador del nodo (el número del nodo) y en la segunda la coordenada (vértice, área, densidad de población, etc).

Entre estos nodos se establecen conexiones, que pueden ser conexiones binarias o probabilísticas como ya se ha indicado.

El formato de archivo de conexión es un archivo de TEXTO ASCII estándar (\* .txt) con columnas separadas por espacios o tabulaciones. El archivo debe incluir ÚNICAMENTE VALORES NUMÉRICOS y no caracteres de texto (las columnas no deben tener encabezados). El archivo de conexión siempre debe tener las siguientes TRES COLUMNAS (sin importar qué tipo de conexiones se seleccione):

- Columna 1: ID del nodo  $i$  (valor entero).
- Columna 2: ID del nodo  $j$  (valor entero).
- Columna 3: Información sobre la conexión directa entre los nodos  $i$  y  $j$ , que puede ser un valor de distancia no negativo, un valor de probabilidad (que va de 0 a 1 o un valor entero de enlace (0 o 1), dependiendo del tipo de archivo de conexión. Obviamente, los ID de los nodos deben ser los mismos que los del archivo de nodo. CADA PAR DE NODOS SÓLO SE INCLUYE UNA VEZ en el archivo de conexión. Por lo que el archivo de conexión debe tener exactamente  $n(n - 1) / 2$  líneas.

Ejemplo de un archivo de conexión:

Distancias1.txt



\*Distances1: Bloc de notas

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
6	23	36466.999228196		
6	24	44236.543209235		
6	25	64504.679014885		
6	26	74955.420348538		
6	27	79298.617819831		
6	28	38573.406057119		
6	29	42273.829501624		
6	30	38923.359095160		
6	31	43524.093034466		
6	32	47142.171782782		
6	33	56154.354074690		
6	34	69351.427476951		
6	35	73611.222704044		
6	36	80140.938534859		
6	37	88258.996568194		
6	38	86685.635600502		
6	39	93132.210782880		
6	40	75907.757799943		
6	41	115262.917482936		
6	42	132803.208531221		
6	43	145462.976923969		
6	44	141945.902892768		
6	45	73178.172177958		
6	46	75277.399396190		
6	47	74389.079332206		

## CÁLCULO DE LA IMPORTANCIA DE NODOS

dl es la importancia de un modo existente para mantener la conectividad del paisaje de acuerdo con un índice I. Es decir, importancia de ese nodo para mantener o mejorar la conectividad según un determinado índice. dl se corresponderá con dPC o dlIC.

dl se calcula como un porcentaje, donde:

$$dl(\%) = 100 * [(I - I_{\text{remove}}) / I] \text{ (se eliminan nodos)}$$

$$dl(\%) = 100 * [(I_{\text{add}} - I) / I] \text{ (se agregan nodos)}$$

I = valor del índice global cuando todos los nodos, inicialmente existente, están presentes en el paisaje.

$I_{\text{remove}}$  = valor del índice general después de la eliminación de un nodo de hábitat, es decir, después de la pérdida de una de un parche de hábitat.

$I_{\text{add}}$  = valor del índice después de la adición de un nuevo nodo de paisaje. (Ejemplo: creación o restauración de una zona de hábitat).

$A_L$  = es constante y no afecta a dl

La importancia de un modo en particular dl puede ser el resultado conjunto de

- a) Las características intrínsecas de hábitat.
- b) La posición topológica dentro de la red de paisaje.

Por lo tanto, dl más altos serán los más importantes para ambos casos. La suma de los dl puede ser mayor de 100%. Cuanto mayor sea, más importancia del os nodos para mantener la conectividad.

Si tenemos suma de los dl menor de 100%, la conectividad es baja y existen pocos parches trampolín que contribuyan a ella.

Si tenemos suma de los dl mayor de 100% (y contra mayor sea) más parches trampolín existen y por lo tanto, más necesario son los parches de hábitats para mantener la conectividad.

## INTERPRETACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LOS NODOS

Valores de dl altos indican nudos más importantes para todos los valores. Cuando dl es alto, mayor importancia tiene ese nodo para la conectividad del paisaje ya sea para, sí es un nodo asistente, o para mejorarlo, sí es un nodo para agregar.

dA = Porcentaje del atributo de hábitat total que corresponde al atributo de nodo. Es decir, porcentaje de hábitat que representa ese nodo del hábitat total.

La suma de todos los dA es 100% del hábitat.

$$dA(\%) = 100 * ai/Ac$$

ai = atributo del nodo

Ac = atributo de hábitat total = suma de los atributos de todos los nodos de hábitat existentes sin incluir los potenciales por agregar.

## RESULTADOS

Node	dA	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dPC	dPCintra	dPCflux	dPCconnector
1	0,1562363	0,004852	0,004852	0	0,0000009	0,3122286	0,0002441	0,3119845	0
2	1,025315	0,2089634	0,2089634	0	0,0000009	2,040118	0,0105127	2,029605	0
3	1,796986	0,6418668	0,6418668	0	0,0000008	3,561681	0,0322916	3,52939	0
4	0,1053449	0,0022059	0,0022059	0	0,0000009	0,2105789	0,000111	0,2104679	0
5	1,107944	0,2440008	0,2440008	0	0,0000009	2,203614	0,0122754	2,191338	0
6	0,4682704	0,0435862	0,0435862	0	0,0000009	0,9343481	0,0021928	0,9321554	0
7	1,208355	0,2902315	0,2902315	0	0,0000009	2,402109	0,0146012	2,387508	0
8	0,2803977	0,015628	0,015628	0	0,0000009	0,5600092	0,0007862	0,559223	0
9	0,4757049	0,0449812	0,0449812	0	0,0000009	0,949147	0,002263	0,946884	0
10	2,272464	1,026478	1,026478	0	0,0000008	4,493288	0,0516409	4,441647	0
11	0,4702921	0,0439633	0,0439633	0	0,0000009	0,9383725	0,0022117	0,9361607	0
12	12,56378	31,3759	31,3759	0,0000002	0,0000007	23,54908	1,578487	21,97059	0
13	0,5304093	0,0559214	0,0559214	0	0,0000009	1,058005	0,0028133	1,055192	0
14	1,334679	0,3540861	0,3540861	0	0,0000009	2,651544	0,0178137	2,63373	0
15	2,122117	0,8951463	0,8951463	0	0,0000008	4,1992	0,0450338	4,154167	0
16	4,579166	4,168004	4,168005	0,0000001	0,0000008	8,948645	0,2096877	8,738957	0
17	4,963478	4,896971	4,896972	0,0000001	0,0000008	9,680595	0,2463612	9,434234	0
18	0,6855263	0,0934122	0,0934122	0	0,0000009	1,366353	0,0046995	1,361654	0
19	0,1741336	0,0060273	0,0060273	0	0,0000009	0,347964	0,0003032	0,3476608	0
20	0,1117526	0,0024824	0,0024824	0	0,0000009	0,2233803	0,0001249	0,2232555	0
21	0,3205791	0,020428	0,020428	0	0,0000009	0,6401306	0,0010277	0,6391028	0
22	0,1120863	0,0024972	0,0024972	0	0,0000009	0,224047	0,0001256	0,2239213	0
23	0,7577204	0,114123	0,114123	0	0,0000009	1,509699	0,0057414	1,503958	0
24	5,020464	5,010062	5,010062	0,0000001	0,0000008	9,788878	0,2520506	9,536828	0
25	0,7712085	0,1182222	0,1182222	0	0,0000009	1,53647	0,0059476	1,530522	0
26	2,037987	0,825578	0,825578	0	0,0000008	4,03444	0,0415339	3,992906	0
27	0,1852058	0,0068181	0,0068181	0	0,0000009	0,3700687	0,000343	0,3697256	0
28	0,2684036	0,0143196	0,0143196	0	0,0000009	0,5360869	0,0007204	0,5353665	0
29	6,948394	9,596751	9,596751	0,0000001	0,0000008	13,41399	0,4828018	12,93118	0
30	0,6461626	0,0829925	0,0829925	0	0,0000009	1,28815	0,0041753	1,283975	0
31	0,772909	0,1187441	0,1187441	0	0,0000009	1,539844	0,0059739	1,53387	0
32	1,971482	0,7725758	0,7725758	0	0,0000008	3,904097	0,0388674	3,86523	0
33	0,5108935	0,0518819	0,0518819	0	0,0000009	1,019177	0,0026101	1,016567	0
34	5,060178	5,089639	5,089639	0,0000001	0,0000008	9,864303	0,2560541	9,608249	0
35	0,8811067	0,1543165	0,1543165	0	0,0000009	1,75445	0,0077635	1,746686	0

## INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se obtiene los valores de PC y IIC para cada nodo (importancia de cada nodo para mantener y mejorar la conectividad según un determinado índice). Tanto para los nodos actualmente existentes (importancia para mantener la conectividad) y para los nodos a agregar (importancia para mejorar la conectividad).

Así, las fracciones de los distintos índices se corresponden con:

Intra = índice de conectividad intraparche.  
Flujo = índice de conectividad interparche.  
Conector = índice de conectividad interparche.

Estas fracciones miden la conectividad intra e interparche en relación, a un determinado elemento del sistema.

dIICintra (intra)	dPCintra (intra)
dIICflujo (flux)	dPCflujo (flux)
dIICconector (connector)	dPCconector (connector)

Considera las diferentes formas en que un parche de hábitat (nodo) o enlace puede contribuir a la conectividad general del hábitat y disponibilidad en el paisaje

$$dIIC = dIICintra + dIICflux + dIICconector$$

$$dPC = dPCintra + dPCflux + dPCconector$$

La probabilidad de conectividad (PC) se define como la probabilidad de que dos puntos colocados al azar, dentro del paisaje, se encuentra en un área de hábitat de tal forma que son alcanzables entre sí (interconectados) dado un conjunto de n parches de hábitat y los enlaces o conexiones directas entre ellos.

Un parche en sí mismo se considera como un espacio donde existe conectividad.

$dPC_k$  es la importancia del elemento k para el mantenimiento de la disponibilidad general de hábitat en el paisaje. por lo tanto, PC depende de la mejor ruta entre dos parches.

Los valores de  $dPC_k$  se pueden dividir en tres fracciones considerando las diferentes formas en qué un determinado elemento del paisaje k parche o enlace puede contribuir a la conectividad de la vida y disponibilidad del del paisaje.

Estas fracciones miden la conectividad intra e interparche en relación, a un determinado elemento del sistema.

dPCintra (intra)
dPCflujo (flux)
dPCconector (connector)

Considera las diferentes formas en que un parche de hábitat (nodo) o enlace puede contribuir a la conectividad general del hábitat y disponibilidad en el paisaje.

$$dPC = dPCintra + dPCflux + dPCconector$$

$dPCintra$  es la conectividad intraparche o área de hábitat disponible. Es independiente de si el parche k está o no conectado con otros parches y no depende de la capacidad

de dispersión de la especie focal. Su valor no cambia incluso si el parche está totalmente aislado este fin mide cuanto el parche en sí mismo contribuye al mantenimiento de la especie.

dPCflux corresponde al flujo de dispersión a través de las conexiones del parche k desde ese parche a otros parches o desde otros a este (el parche k es el inicio o el fin de la dispersión). Depende del atributo de área. Es decir, el que presenta mayor área o atributo produce más flujo. Por lo tanto, cuantifica la importancia de ese parche para mantener la conectividad entre el resto de los parches.

dPCconnector Es la contribución del parche o el enlace k a la conectividad entre otros parches de hábitat como un elemento de conexión o trampolín entre ellos. Esta fracción depende sólo de la oposición topológica de un parche o un enlace en la red.

El índice integral de conectividad (IIC)

Índice integral de conectividad (IIC) toma valores entre 0 a 1 y aumenta con la conectividad mejorada. IIC = 1 en el caso hipotético de que todo el paisaje está ocupado por el hábitat.

De modo análogo al índice PC, el índice Integral de Conectividad (IIC), considera el área de una tesela o parche conectada en sí misma (conectividad intra-teselar), el flujo entre diferentes teselas del mismo tipo de hábitat a nivel de paisaje (conectividad inter-teselar) y la contribución de otras teselas del mismo tipo de hábitat, o de otros tipos, como hábitats conectores, y una limitada información de la capacidad de movimiento de las especies.

Así, de forma análoga a índice probabilístico considerado anteriormente, calculamos:

dIICintra (intra)

dIICflujo (flux)

dIICconector (connector)

Siendo:  $dIIC = dIICintra + dIICflujo + dIICconector$

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Mateo Sánchez, M.C., Cushman, S., San Miguel Ayanz, A., Saura Martínez De Toda, S. 2013. Mejora de la calidad y conectividad del hábitat forestal del oso pardo en la Cordillera Cantábrica: propuesta metodológica e implicaciones de gestión. 6º Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2-16 pp.

Pascual-Horta, L., Saura, S. 2006. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology*, 21:959–967

Salido Pérez, G. A. 2013. Buenas prácticas para la definición de redes ecológicas en España. Situación actual, herramientas disponibles y propuestas de mejora. Universidad de Alicante y WWF España.

Santos T., Tellería J.L. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*. 2006/2 3-12  
(URL: [http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=423&Id\\_Categoria=2&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=423&Id_Categoria=2&tipo=portada))

Saura, S., Pascual-Horta, L. 2007. CONEFOR SENSINODE 2.2 USER'S MANUAL. Software for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity through graphs and habitat availability indices. 57 pp.

Saura, S., Pascual-Horta, L. 2007. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning* 83: 91–103.

Saura, S., Torné, J. 2012. CONEFOR 2.6 User manual. 16 pp.

Saura, S., Rubio, L. 2010. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography* 33: 523-537.

Turner, I.M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33: 200-205.

WWF. 2015. Conectividad ecológica: importancia, situación en España y criterios para identificar redes ecológicas. 1-11.