



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Área de Ecología

Asignatura: Planificación y Ordenación del Territorio

Curso 4º

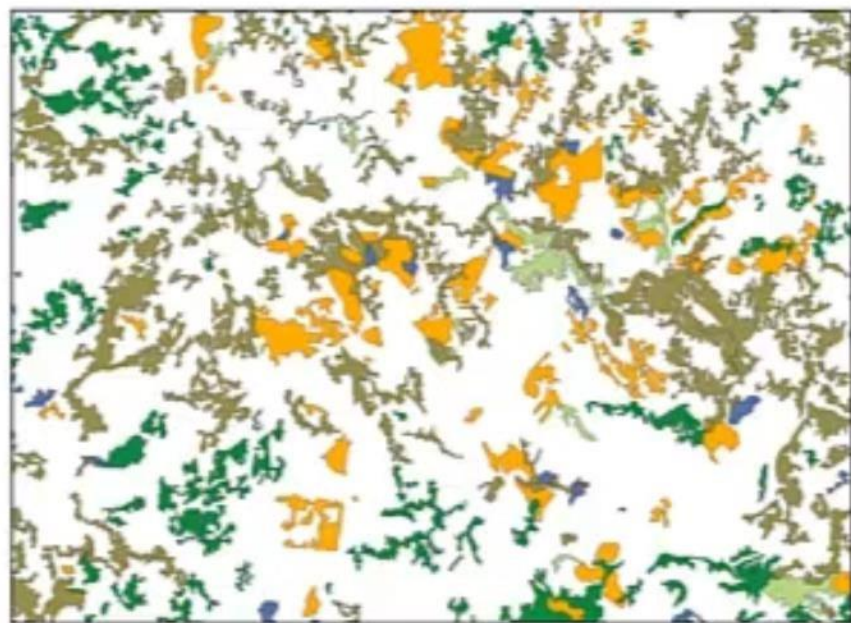
Profesora: M. C. Lozano

mclozano@uma.es

ANÁLISIS DE LA FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD DE HÁBITATS

El paisaje: una perspectiva ecológica

- Paisaje: porción heterogénea y relativamente extensa del territorio compuesta por un mosaico de teselas (parches) con diferentes tipos de cubierta (hábitats, ecosistemas) que interaccionan entre sí.
- Paisaje representado por un producto cartográfico (SIG, teledetección).





Un término fundamental, en la definición presentada, y en la ecología del paisaje en general, es el de **tesela o parche (patch)**.

Una **tesela o parche** es un área relativamente homogénea con bordes bien definidos y con características diferenciadas de otras zonas adyacentes en el territorio.

HETEROGENEIDAD

Hablar de paisaje desde un punto de vista ecológico es hablar de un territorio heterogéneo, es decir, un territorio en el que coexisten y se entremezclan diferentes tipos de cubiertas, hábitats o ecosistemas.

Componentes de la HETEROGENEIDAD :

- 1) La Diversidad de los elementos paisajísticos (las teselas o manchas)
- 2) La complejidad de las relaciones espaciales.

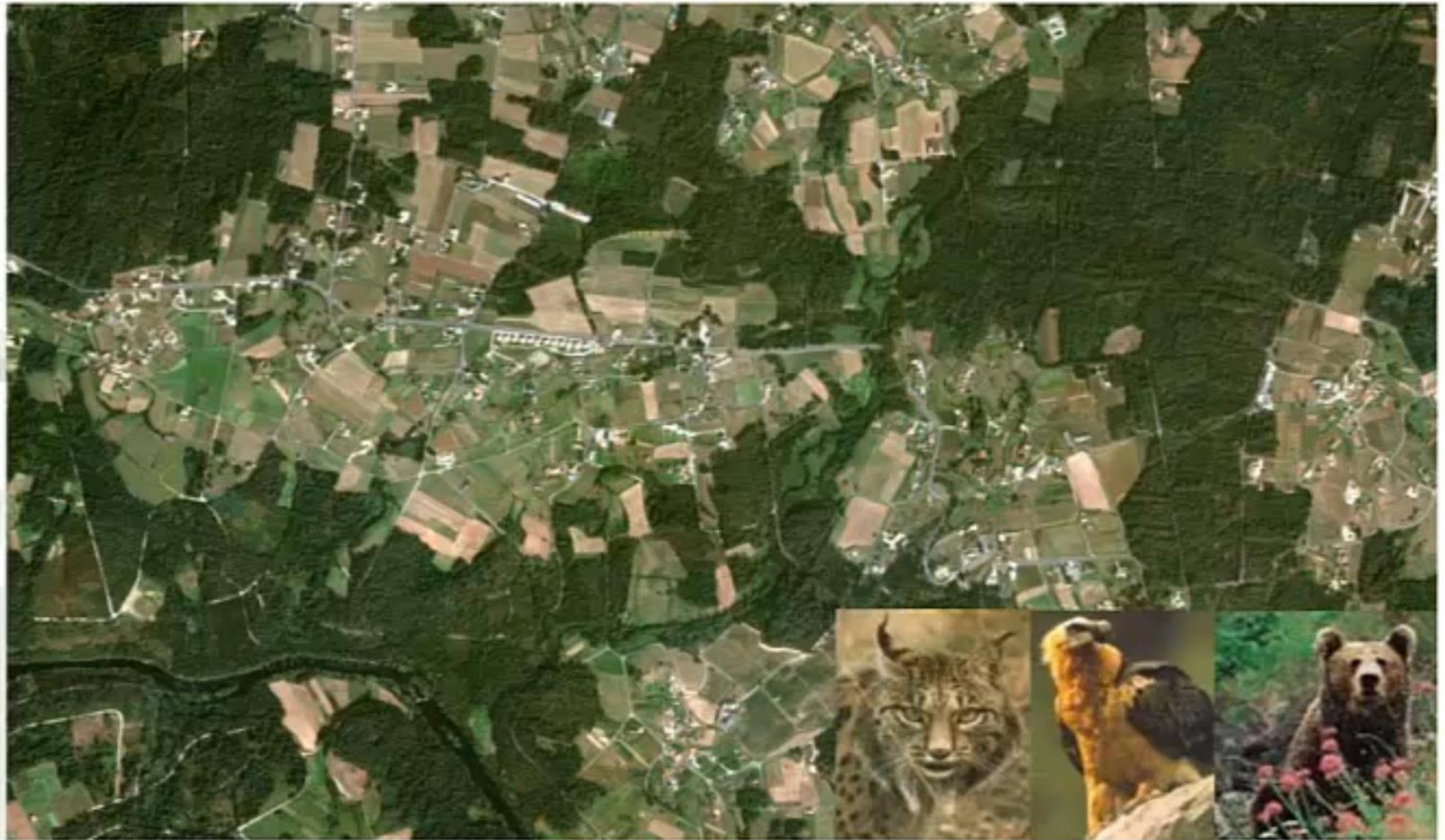
Cuando nos referimos a un paisaje desde una perspectiva ecológica, en general nos referimos a un territorio heterogéneo y extenso.

Escala espacial y heterogeneidad



Heterogeneidad se manifestará en una escala mucho más local, a una extensión más limitada para unas especies que para otras

Escala espacial y heterogeneidad



Composición y configuración espacial del paisaje

Para caracterizar un paisaje es necesario cuantificar su:

- Composición: qué tipos de cubierta (hábitat) están presentes y cuál es el área ocupada por cada uno de ellos.
- Configuración (espacial): cómo se distribuyen espacialmente esos tipos de cubierta (hábitats) por el territorio.
 - Fragmentación, irregularidad de formas, conectividad, bordes, etc.

*Misma composición,
diferente configuración*



HETEROGENEIDAD DEL PAISAJE

Organización espacial del mosaico paisajístico

Un paisaje estará tanto menos organizado espacialmente cuanto mayor sea su heterogeneidad. Es decir, un paisaje está tanto menos organizado cuanto más escasa es la predictibilidad del siguiente píxel en el desplazamiento de un píxel a otro.

La Heterogeneidad tiene dos componentes:

- 1) La Diversidad de los elementos paisajísticos (las manchas) y
- 2) La complejidad de las relaciones espaciales.

Interacciones y contexto espacial



FRAGMENTACIÓN

CONECTIVIDAD

TESELA O PARCHE DE HÁBITAT

CORREDOR

CONSERVACIÓN

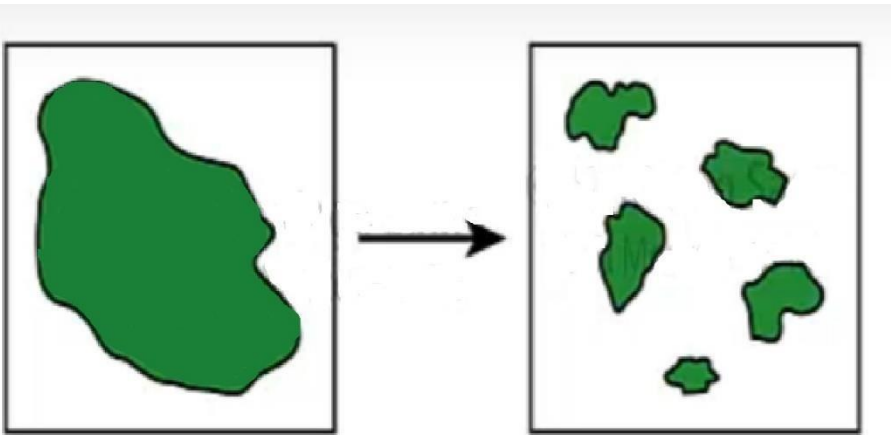
BIODIVERSIDAD

POBLACION = METAPOBLACIÓN

FLUJO GENÉTICO

¿Qué es y qué no es fragmentación de hábitat? Ejemplo

Podemos definir la fragmentación como el proceso mediante el cual una gran extensión continua de hábitat se transforma en un conjunto de múltiples teselas de menor tamaño, distantes entre sí y separadas por otros tipos de cubierta o usos del suelo diferentes del propio hábitat



Como es obvio y visible en esa figura, la fragmentación implica una pérdida de continuidad física entre los diferentes parches de hábitat que, eventualmente partiendo de una única tesela continua de hábitat, se van generando a lo largo del proceso de fragmentación.



La fragmentación está asociada a tres cambios en la estructura del paisaje:

1. Reducción del tamaño de las teselas.
2. Incremento del aislamiento de las teselas.
3. Aumento del efecto borde.

FRAGMENTACIÓN

El estudio de la fragmentación se aplica tanto a los hábitats como a las poblaciones.

La fragmentación no es solo una pérdida de hábitat, sino que es también una modificación de la calidad del mismo que lleva consigo: disminución y aislamiento de las manchas, y aumento del efecto borde.

Variables que describen el tipo de fragmentación:

- Superficie de las manchas forestales y no forestales.
- Diámetro de las manchas.
- Distancia entre las manchas.
- Perímetro de las manchas.

Un bosque grande alberga más especies animales que la suma de pequeñas manchas boscosas que en su conjunto sumen la misma extensión que la gran masa boscosa. Esto es, **la fragmentación de los bosques conduce a la pérdida de especies.**

Efectos de la fragmentación de hábitats

Hay un amplio consenso en que la fragmentación de los hábitats representa una de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad.

$$dp/dt = mp(1-p) - ep$$

Fragmentación vs. pérdida de hábitat

Existe la necesidad de separar los efectos de la fragmentación del hábitat de los de la pérdida de hábitat, y en que los impactos de la pérdida de hábitat sobre la biodiversidad son más fuertes y consistentes que los de la fragmentación.

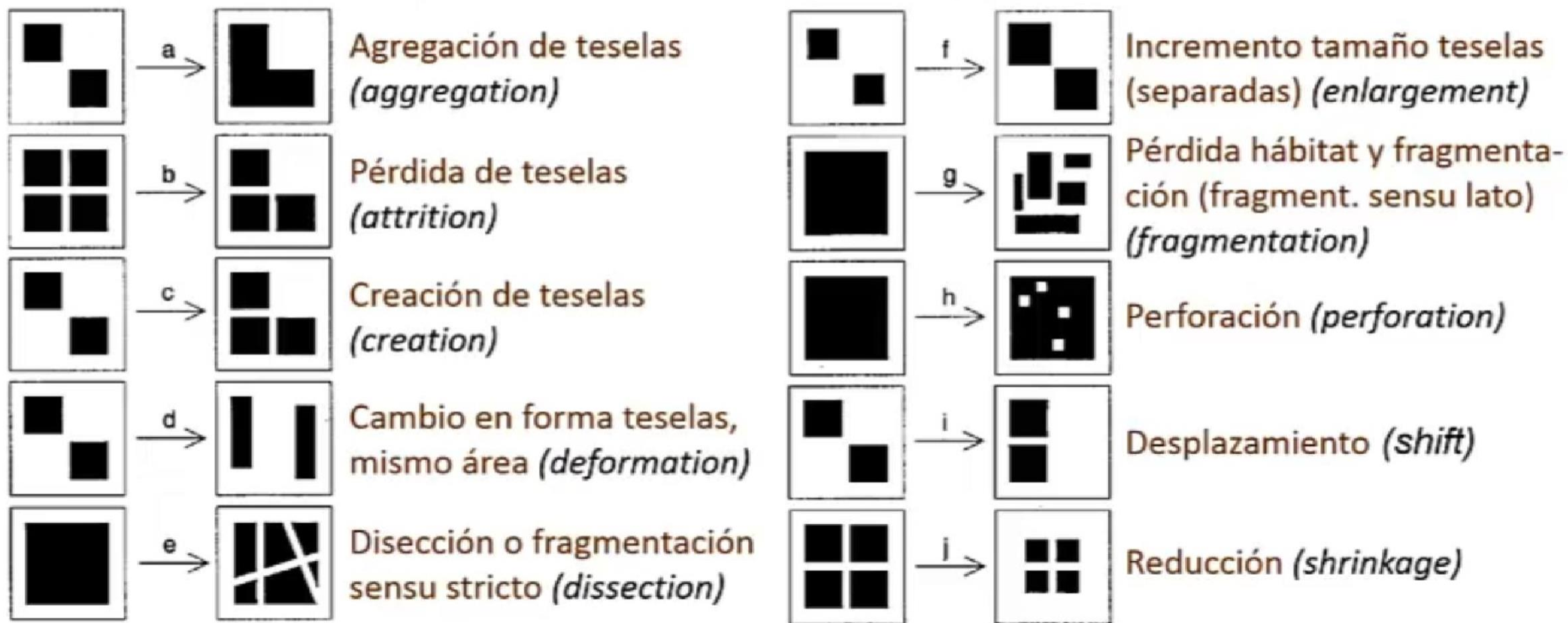
Es importante diferenciar ambos procesos, la pérdida de hábitat y la fragmentación del hábitat, y diferenciar también sus efectos.

Conceptualmente, la fragmentación no produce pérdida de hábitat; es la pérdida de hábitat la que puede producir o no fragmentación.

Procesos de cambio espacial y fragmentación del hábitat

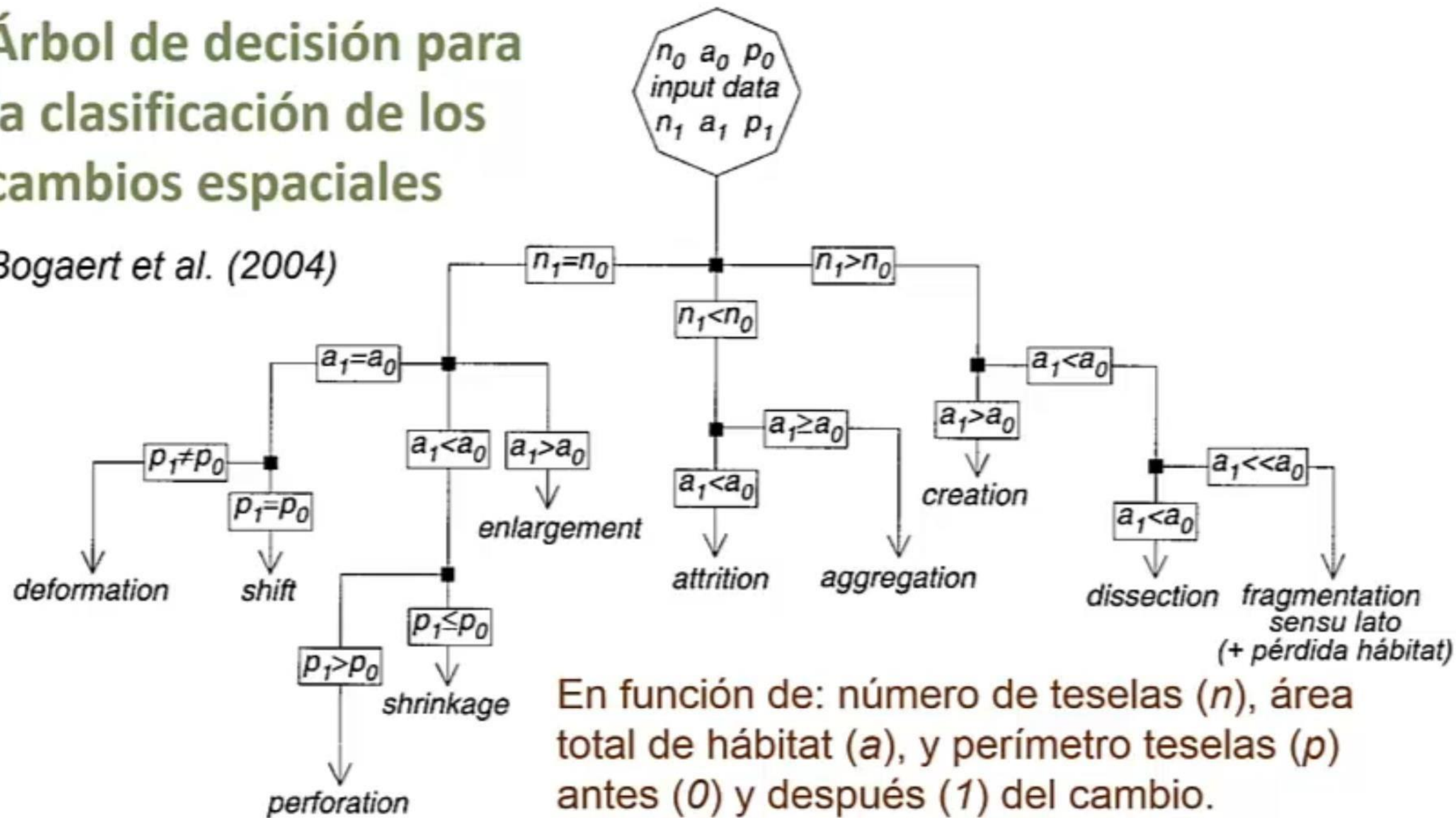
- Sólo una parte (pequeña) de los cambios espaciales que se pueden producir en la distribución y configuración del hábitat corresponden realmente a fragmentación.

Bogaert et al. (2004) Environmental Management 33: 62–73.



Árbol de decisión para la clasificación de los cambios espaciales

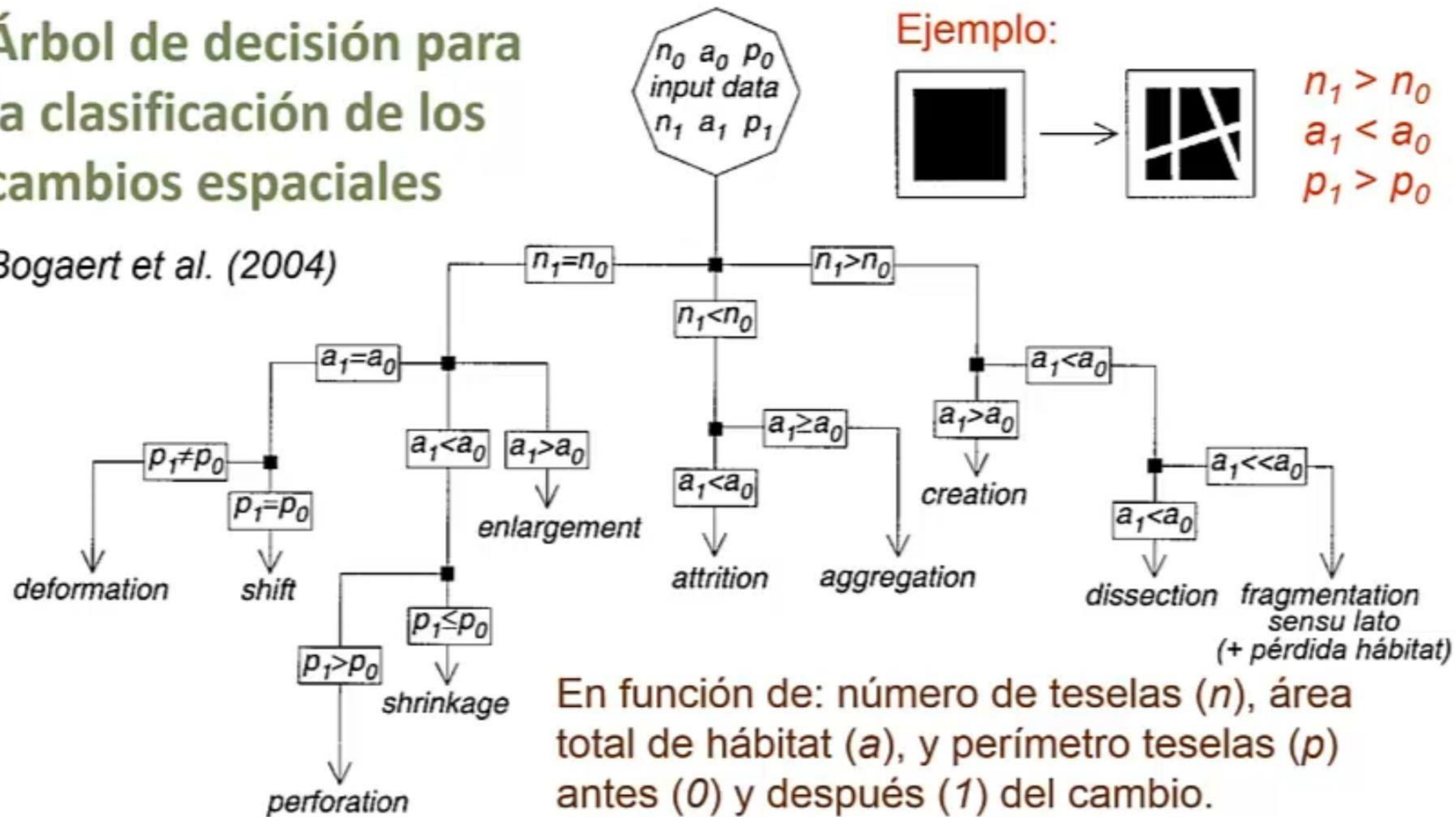
Bogaert et al. (2004)



En función de: número de teselas (n), área total de hábitat (a), y perímetro teselas (p) antes (0) y después (1) del cambio.

Árbol de decisión para la clasificación de los cambios espaciales

Bogaert et al. (2004)



Fragmentación: posibles efectos negativos

1. Reducción en el tamaño de las teselas

- Menos recursos de hábitat disponibles en las teselas: sólo capaces acoger poblaciones pequeñas.
- Menos teselas con poblaciones por encima umbral viabilidad.
- Efecto más acusado para especies con grandes áreas territoriales o requerimientos energéticos.

2. Aislamiento de las teselas

- Movimiento de las especies entre las distintas teselas se dificulta. efecto
- Relacionado con la pérdida de conectividad ecológica (se tratará posteriormente). borde.



Con aislamiento

Sin aislamiento

Las especies que viven en el interior de las masas forestales ven decrecer su hábitat rápidamente al producirse la fragmentación. En cambio, las especies “de borde” no sufren los cambios hasta que la fragmentación y la reducción del hábitat están muy avanzadas.

Con la superficie y el perímetro se puede calcular la **relación superficie/perímetro**. Es preferible evitar las digitaciones en las zonas a proteger o en el diseño paisajístico.

Igualmente, es más fácil de proteger una zona central estableciendo una zona de vulnerabilidad u orla de protección.

Establecer comunicación entre manchas.a

FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD DE HÁBITATS

- 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.
- 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.
- Los análisis de fragmentación y conectividad de los hábitats a escala de paisaje pueden ser considerados complementarios.

(Turner, 1996; Santos y Tellería, 2006).

Conectividad ecológica (o del paisaje)

- Grado en el que el territorio facilita los movimientos de las especies (individuos y genes) entre diferentes teselas y recursos de hábitat.
 - Conectividad poblacional: entre poblaciones ya establecidas de una especie.
 - Conectividad del hábitat: puede incluir teselas potencialmente adecuadas pero actualmente no ocupadas por la especie.



Conectividad estructural y funcional

- Conectividad estructural: relacionada con y determinada por la estructura del paisaje (composición y configuración espacial de hábitats y cubiertas).
 - No tiene en cuenta qué especie se está tratando y sus capacidades de movimiento.
- Conectividad funcional: tiene en cuenta, además de la estructura, las capacidades de movimiento (habitualmente distancias de dispersión) de una determinada especie (o grupo de especies similares).
 - La conectividad es y debe tratarse como funcional
 - La conectividad es distinta para cada especie (o grupo de especies similares)



a) conectividad espacial alta



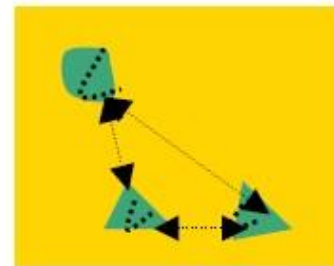
b) conectividad espacial media



c) conectividad espacial baja



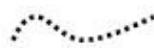
d) conectividad espacial muy baja



Especie de interior estricta



Especie de interior con cierta tolerancia a los bordes



Especie de borde



Especie de dispersión aérea

Relación entre la conectividad espacial y funcional según la movilidad de las especies asociadas al hábitat fragmentado. Modificado de Burel y Baudry (2002).

ESPECIES FOCALES



Son, generalmente, organismos que necesitan áreas grandes e interconectadas para mantener poblaciones viables (Lambeck, 1997).

Las especies focales son, en general, sensibles al área.

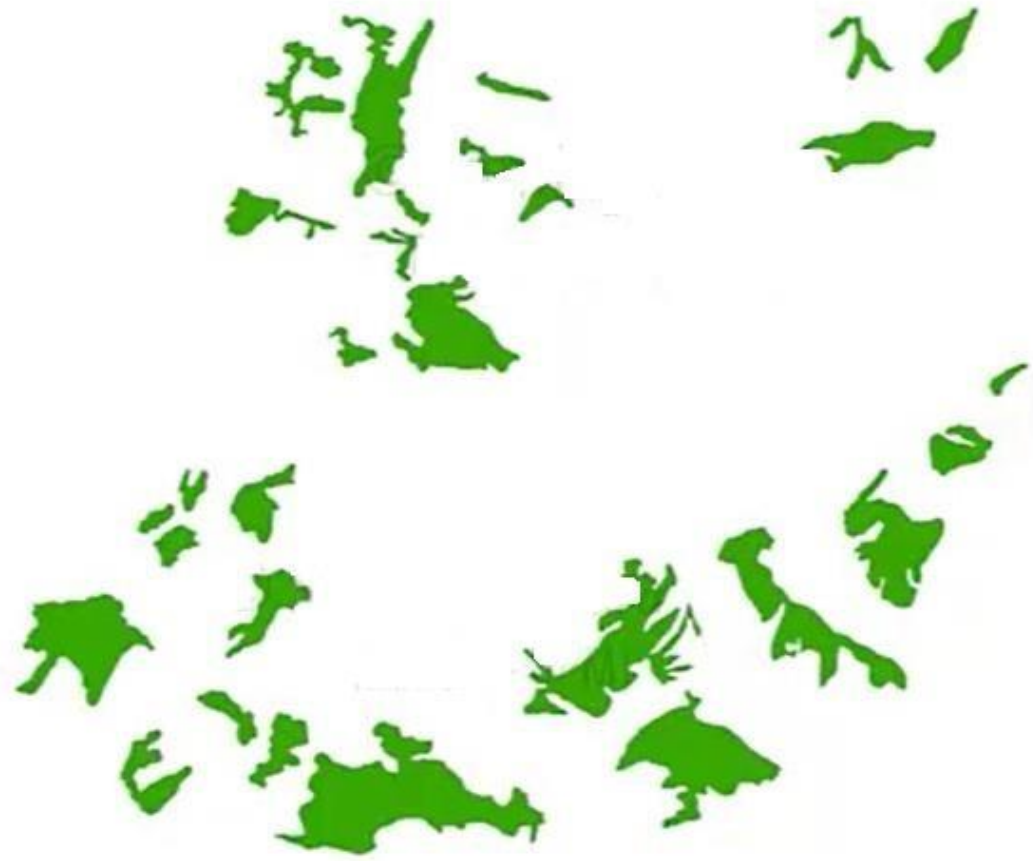
Se usan los requisitos espaciales de las mismas como un sustituto para los requisitos de hábitat de todas las demás.

Conectividad vs. capacidades de dispersión de las especies

29 teselas de hábitat.

Especie sin capacidad de movimiento fuera del hábitat.

Todas las teselas aisladas.



Conectividad vs. capacidades de dispersión de las especies

Especie con baja capacidad de movimiento fuera del hábitat.

Muchas teselas aisladas (15 de las 29).

Aparecen algunos (4) componentes (regiones conexas) formados por varias teselas cercanas.

19 componentes (15 son teselas aisladas, 4 componentes tienen varias teselas).



Conectividad funcional y estructural

- Conectividad funcional (dependiente de la especie) + múltiples especies de interés = complejidad en el estudio de la conectividad.
- ¿Analizar la conectividad estructural como una simplificación más manejable en casos genéricos de planificación territorial?
- Siempre que sea posible orientar el análisis y planificación a una visión funcional de la conectividad
 - Centrarse en una o pocas especies emblemáticas, con valor indicador, o amenazadas.
 - Centrarse en especie o especies para las que la conectividad sea un factor más limitante y determinante para su conservación.

Cuando la riqueza de especies y sus abundancias se refiere a un conjunto de hábitats a escala regional, entonces se utiliza como descriptor de la diversidad la *diversidad* γ o *gamma-diversidad*.

La diversidad gamma es el número de especies del conjunto de sitios o comunidades que integran un paisaje (Forman & Godron 1986)

$$\gamma = \alpha + \beta$$

Diversidad α o alfa-diversidad = diversidad intra-hábitat.

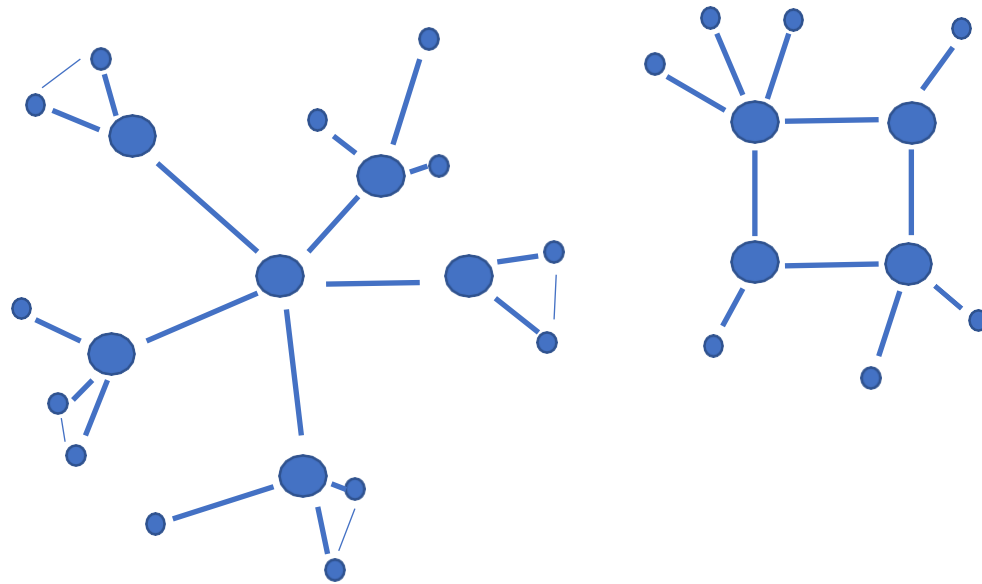
Diversidad β o beta-diversidad = que tiene en cuenta los cambios de hábitats y especies a lo largo de un gradiente.

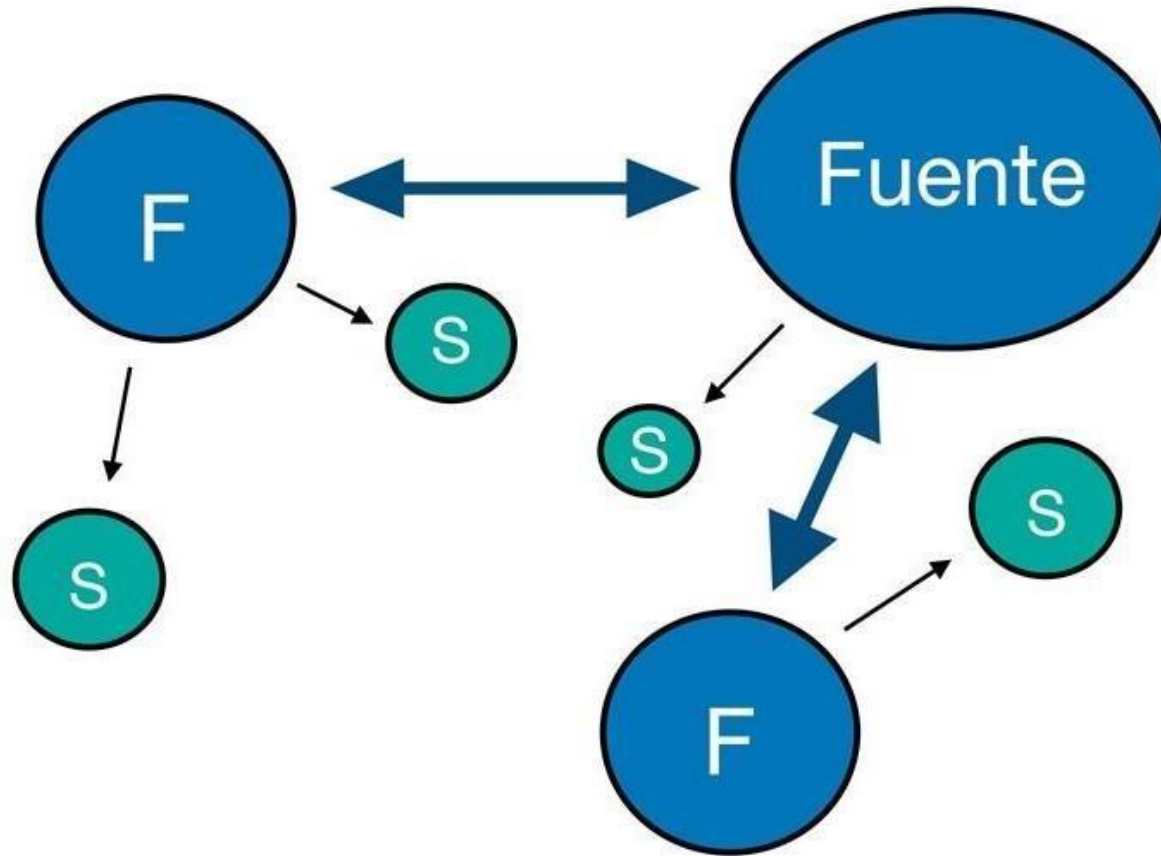
Conectividad (se puede analizar como \longrightarrow teoría de grafos)

Si el patrón de un paisaje se puede representar como una serie de nodos y de uniones entre ellos, el índice gamma de Forman & Godron (1986) es útil:

$$\gamma = \frac{L}{L_{max}} = \frac{L}{3(V-2)}$$

Donde L es el número de enlaces de la red, V es el número de nodos. Varía entre 0 y 1, y los valores pequeños indican escasa conectividad entre las manchas.





Matriz paisajística formada por varios fragmentos que actúan como fuentes y sumideros

Modelo de Metapoblaciones

Cada mancha es una zona habitable del territorio, y las flechas representan flujos migratorios.

Poblaciones fuente y sumidero

Entre las poblaciones de una metapoblación, algunas suelen actuar como **fuentes de individuos**, y otras como **sumideros**. Esto depende de la relación entre las tasas de natalidad y de mortalidad dentro de cada población.

De aquellas que tienen una tasa de natalidad superior a la de mortalidad, algunos individuos migran a otras manchas.

Cuando la tasa de natalidad es inferior a la mortalidad, las poblaciones tienden a perder individuos, de manera que actúan como sumideros manteniéndose gracias a los individuos que llegan desde poblaciones fuente.

$$dp/dt = mp(1-p)-ep$$

Los grandes fragmentos permiten el mantenimiento de poblaciones de mayor tamaño, de manera que el tamaño de los fragmentos puede tener una importancia bastante superior a la de las tasas globales de extinción y recolonización sobre la persistencia de una metapoblación.

La tasa de emigración es inversamente proporcional a la superficie del fragmento fuente (**la emigración es mayor a partir de manchas pequeñas**).

La **forma de los fragmentos** (relación entre el perímetro y la superficie). Dos fragmentos de igual superficie, **aquel con mayor perímetro y forma menos compacta tendrá la proporción más elevada de individuos capaces de llegar al borde, siendo, por lo tanto, susceptibles de dejar el fragmento.**

Distancia entre las manchas: reducción de la tasa de crecimiento de las poblaciones locales más aisladas. **Cuanto más numerosas son las manchas y más próximas están entre sí, menor es la probabilidad de extinción.**

La supervivencia de la metapoblación aumenta cuando una mancha de gran tamaño, considerada como una fuente permanente de individuos no sujeta a extinción, está integrada en el paisaje.

Modelo de Levins

Si la tasa de extinción supera a la de recolonización, la metapoblación podría tender a desaparecer.

$$dp/dt = mp(1-p) - ep$$

p = proporción de manchas ocupadas

m = tasa de colonización de una mancha

e = tasa de extinción en una mancha

La metapoblación estará en equilibrio cuando:

$$dp/dt=0$$

y por tanto en el equilibrio

$$p=1-e/m$$

Si **e > m** (más extinciones locales que colonizaciones) la metapoblación tiende a desaparecer

Si **e = m** se podría mantener un equilibrio, pero bastante frágil (ya que cualquier extinción local que acontezca fortuitamente superando la tasa **e** esperable iría reduciendo la metapoblación).

Si **e < m** se garantiza la ocupación de varias manchas y con ello su persistencia a largo plazo.

En dinámica metapoblacional, se considera que todos estos fragmentos ocupados (subpoblaciones) son susceptibles de extinguirse, ya que tienen una esperanza de vida finita. (por lo que la conectividad entre las teselas es necesaria)

Modelo de Boorman y Levitt, 1973.

Es similar al modelo Isla-Continente. Habría un gran fragmento central que soporta una población permanente que alimenta a alguna de las subpoblaciones periféricas.

Bordes

Los bordes de las manchas también desempeñan un papel importante en el movimiento de los individuos dispersores.

Son más o menos permeables en función de su ambiente inmediato, de su estructura y del espacio considerado.

Un gran borde puede ser percibido como una zona de transición por un organismo muy móvil, que lo atraviesa en poco tiempo, mientras que otro organismo poco móvil puede percibirlo como una mancha de bordes estrechos.

Cuando un individuo llega a un borde permeable puede elegir atravesarlo o no. Si tiene una preferencia muy marcada por uno de los hábitats que rodean el borde, probablemente va a pasar fácilmente del hábitat menos favorable al más favorable.

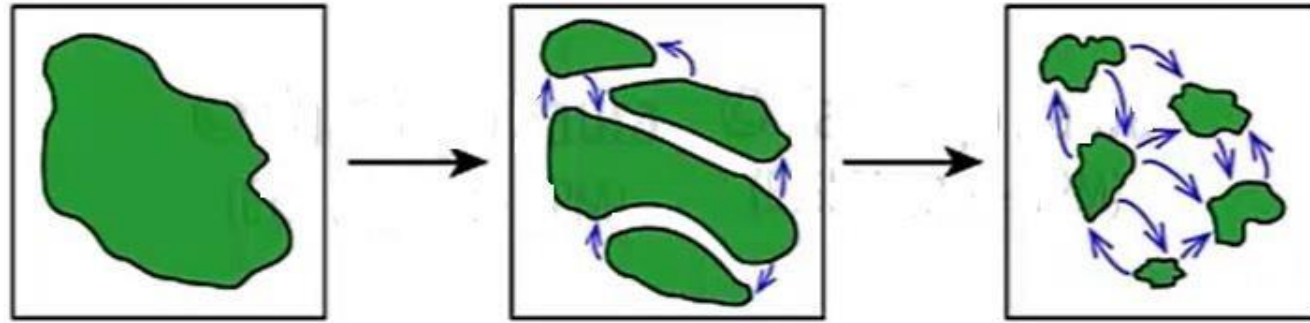
Esta respuesta tiene dos consecuencias: por una parte, cuando la preferencia por un hábitat aumenta, los movimientos dirigidos aumentan; y por otra parte, los individuos se agregan progresivamente en las manchas de mejor calidad.

Extinción

Plazo para la extinción

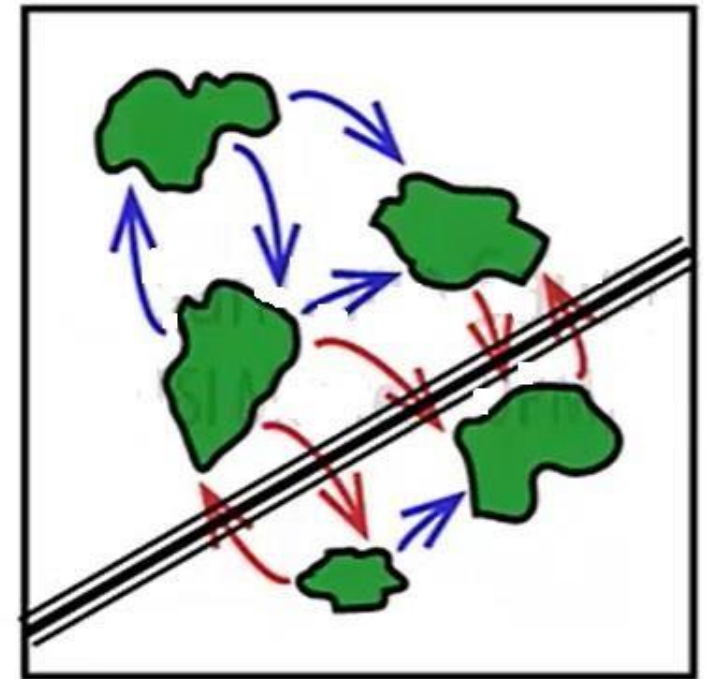
Cuando en un paisaje se produce una transformación que desencadena la aparición de manchas aisladas, las poblaciones locales no se extinguen instantáneamente. Su probabilidad de extinción aumenta con su aislamiento, ya que no pueden ser reforzadas por la llegada de individuos dispersores procedentes de otras manchas, aunque pueden mantenerse durante un tiempo más o menos largo.

Fragmentación del hábitat vs. conectividad del hábitat

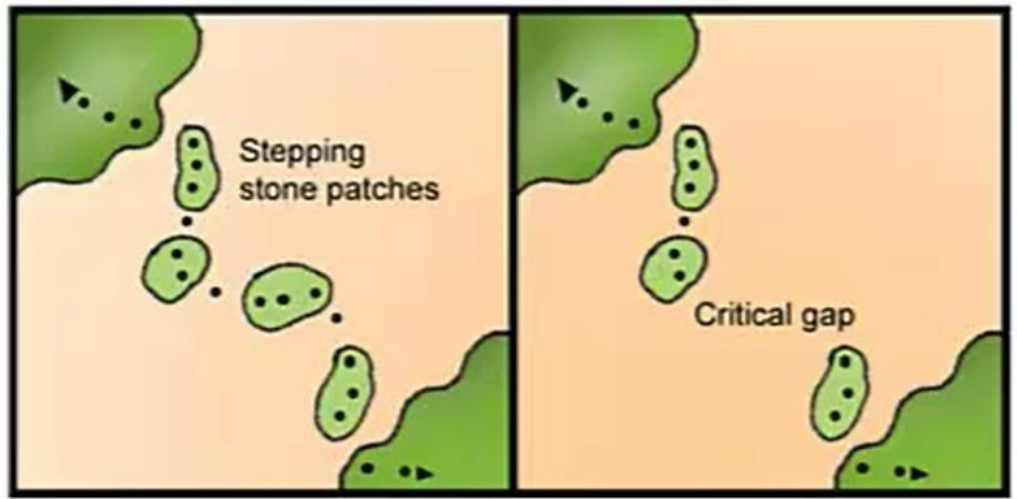


¿Puede haber pérdidas de conectividad sin que se produzca una mayor fragmentación?

Sí, por cambios en la matriz del paisaje, en las cubiertas y usos del suelo situados entre las teselas de hábitat.



Distintos tipos de elementos conectores

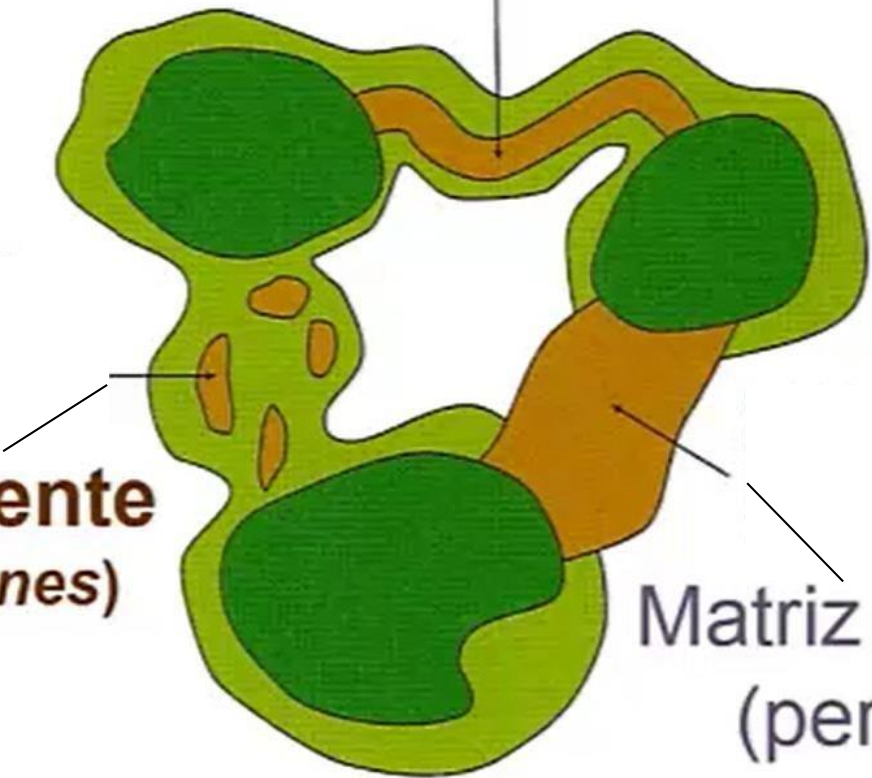


<http://www.journalofappliedecology.org/view/0/editorschoice511.html>,
USDA National Agroforestry Center



<http://woodsandprairie.blogspot.com.es/>

Corredor



Teselas puente
(stepping stones)

Matriz del paisaje
(permeable)



<http://www.garthlenz.com/#/industrial-landscape/agriculture/editorial-10>



<http://www.journalofappliedecology.org/view/0/editorschoice511.html>,
Photo: Peter Genward

Corredores: sensu stricto y sensu lato

- *Sensu stricto*: franjas estrechas y alargadas de vegetación o hábitat que conectan físicamente diferentes teselas o espacios protegidos.



http://photo.net/photodb/photo?photo_id=17666496. Photo by: Thakur Dalip Singh



Foto: Javier Gordo (JCYL)

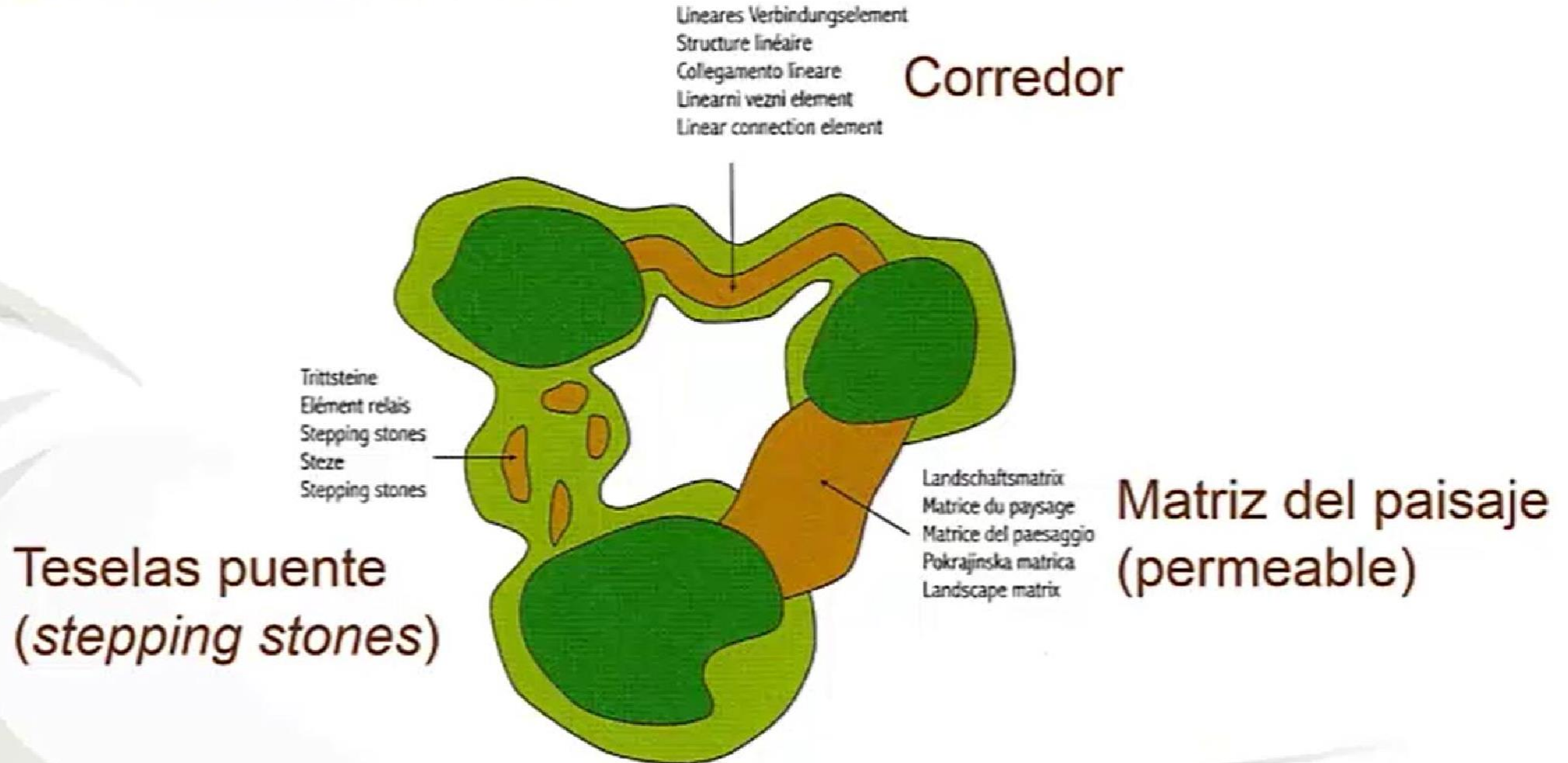
Corredores: sensu stricto y sensu lato

- *Sensu lato*: zonas del territorio por donde se deberían producir o se desearía que se produjeran los movimientos de las especies (o por donde se deben tomar medidas para fomentar ese movimiento).
 - Puede incluir tipos de cubierta inhóspitos, muy diferentes a los más adecuados para el movimiento de las especies (e.g. infraestructuras de transporte, zonas urbanas, etc).



<http://www.iberianature.com/spainblog/2009/11/the-great-mountain-corridor/>

Ejemplos de estudios sobre los efectos de la conectividad

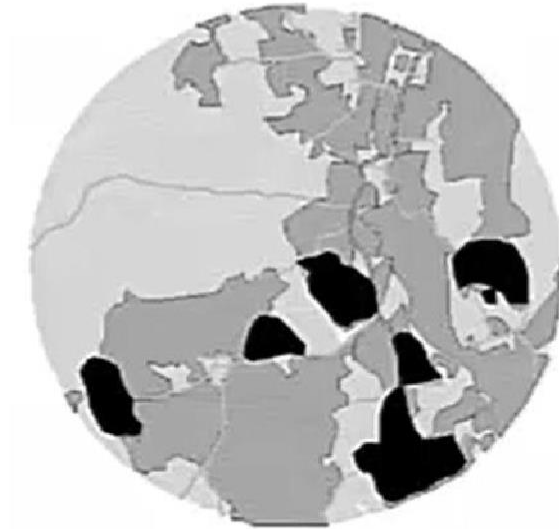


Riqueza especies de plantas en herbazales de Suecia

1842

REGINA LINDBORG AND OVE ERIKSSON

Ecology, Vol. 85, No. 7



Lindborg & Eriksson (2004), Ecology 85: 1840-1845.

Conectividad, tiempo y deuda de extinción

1842

REGINA LINDBORG AND OVE ERIKSSON

Ecology, Vol. 85, No. 7

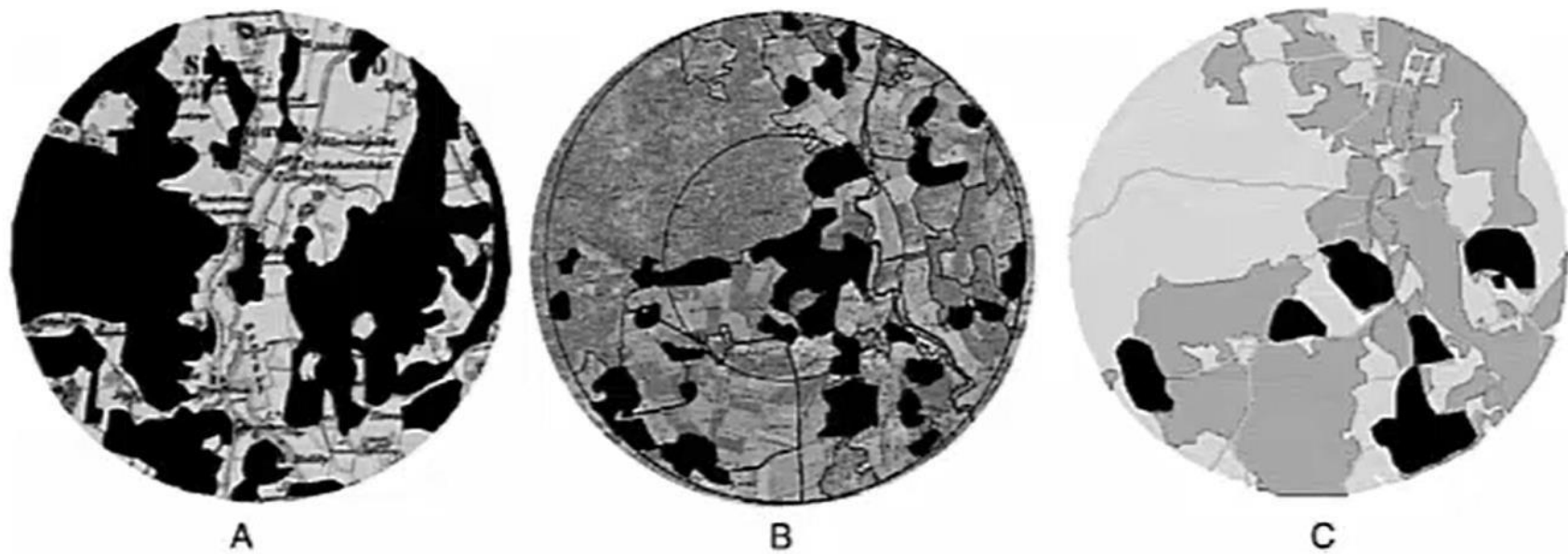


FIG. 1. Distribution of seminatural grasslands (marked in black) in one of the study sites in Sweden representing tree time layers: (A) 1900, (B) 1950, and (C) the present. Each circle has a radius of 2 km.

La riqueza de especies herbáceas en las teselas no tuvo relación ni con el área de las teselas ni con la conectividad actual, pero sí con la conectividad que las teselas tuvieron hace 50 o 100 años.

Conectividad, tiempo y deuda de extinción

Implicaciones:

- Evaluación de impacto ambiental:
 - Que no se observe impacto poco después de un cambio en el paisaje no permite concluir que no exista ese impacto (se irá manifestando más tarde, con el tiempo).
- Restauración:
 - Contamos con cierto tiempo para revertir la pérdida de conectividad, antes de que se haya trasladado por completo al declive de especies y ecosistemas.
- Espacios protegidos:
 - Ineficiencia de islas de biodiversidad aisladas: ¿estamos protegiendo zonas con alta biodiversidad pero también alta deuda de extinción?
 - Necesidad de redes de espacios protegidos (conectados entre sí y con otras zonas de hábitat fuera de dichos espacios).

Conectividad, tiempo y deuda de extinción

1842

REGINA LINDBORG AND OVE ERIKSSON

Ecology, Vol. 85, No. 7

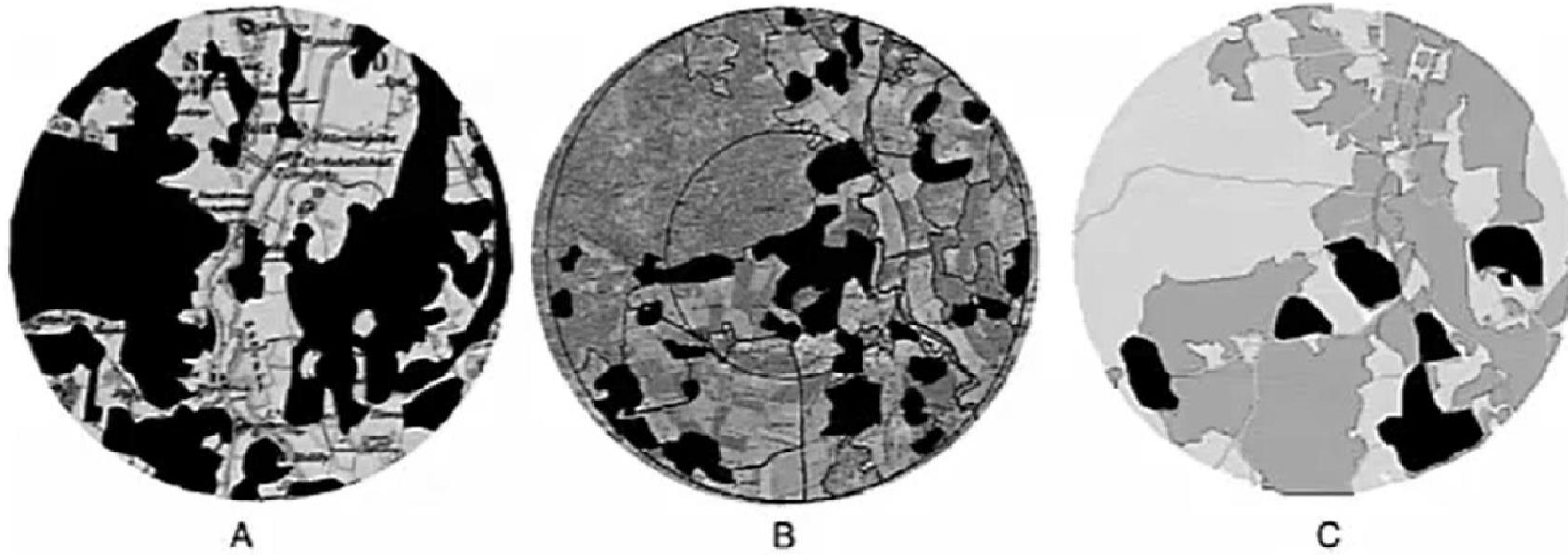


FIG. 1. Distribution of seminatural grasslands (marked in black) in one of the study sites in Sweden representing tree time layers: (A) 1900, (B) 1950, and (C) the present. Each circle has a radius of 2 km.

“plant species diversity patterns in the present-day landscape have been formed under landscape conditions no longer existing”

Conectar los ecosistemas para conservar su biodiversidad



Mantener el flujo genético



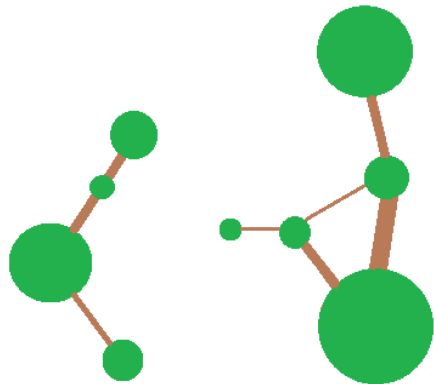
Metapoblaciones

**CUANTIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LOS PARCHES DE HÁBITAT
PARA LA CONECTIVIDAD DEL PAISAJE A TRAVÉS DE GRÁFICOS E
ÍNDICES DE DISPONIBILIDAD DE HÁBITAT**

METODOLOGÍA

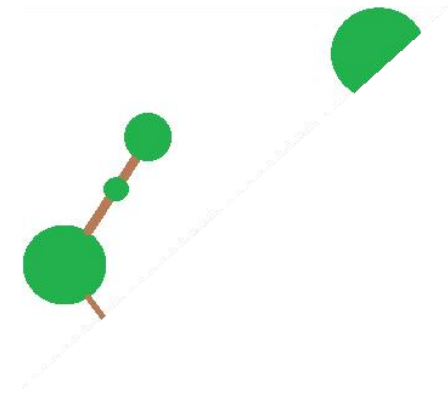
Conectividad de hábitat (funcional)

El enfoque metodológico principal seguido para el análisis de la conectividad funcional ha sido el **análisis de grafos**, que constituye la mejor aproximación para obtener resultados espacialmente explícitos sin datos precisos de presencias y/o dinámicas poblacionales de las **especies focales**. Los grafos son estructuras matemáticas compuestas por **nodos y enlaces**.



Representación de un grafo compuesto por nodos, que serían las teselas de hábitat (círculos verdes), y enlaces (líneas marrones) que representan las conexiones funcionales entre las teselas.

- Los **nodos** representan las unidades espaciales objeto del análisis, habitualmente teselas de hábitat. Los nodos se pueden caracterizar mediante un **atributo** que se considere relevante para el análisis, tal como el área de hábitat, su calidad para una determinada especie, etc.
- Los **enlaces** representan las **conexiones funcionales** entre cada par de nodos; la existencia de un enlace implica la capacidad potencial de un organismo para, en mayor o menor grado, dispersarse de manera directa entre los dos nodos.



Disponibilidad de hábitat a escala de paisaje

El concepto de **disponibilidad de hábitat** a escala de paisaje se basa en considerar una tesela en sí misma como un espacio en el que existe conectividad plena, e integrar en una única medida el **área existente** dentro de las teselas (*intra-patch connectivity*) junto con el **área de hábitat que está disponible** (que es alcanzable) a través de las **conexiones** con otras teselas (*inter-patch connectivity*) (Pascual-Hortal y Saura 2006, Saura y Rubio 2010). Así, la disponibilidad de hábitat para una determinada especie u organismo será baja si, dada la capacidad de dispersión de dicha especie, las teselas de hábitat se encuentran aisladas unas de otras, pero también si el hábitat es muy escaso aunque las teselas estén fuertemente conectadas entre sí.

Cálculo de distancias entre teselas núcleo y análisis de coste mínimo: caminos y franjas conectoras

Una de las aproximaciones más extendidas para llevar a cabo análisis de la conectividad consiste en la identificación de los **caminos de coste mínimo**



cuellos de botella para la conectividad



MEDIDAS DE LA CONECTIVIDAD

- 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 o funcional 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.

Entre la disponibilidad de software que calculan la conectividad del paisaje, los más normalizados son:

- ConeforSensinode 2.2: <http://www.conefor.udl.es>
- PathMatrix: <http://cmpg.unibe.ch/software/pathmatrix>
- FRAGSTAST versión 3.0: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- UNICOR: <http://cel.dbs.umt.edu/cms/index.php/software/unicor>
- GUIDOS: <http://forest.jrc.ec.europa.eu/download/software/guidos>
- Circuitscape: <http://www.circuitscape.org>

PATHMATRIX is a tool to compute matrices of effective geographic distances among samples, based on a least-cost path algorithm. Punctual locations (points) or zones encompassing sample data points (polygons) are used in conjunction with a species-specific friction map representing the cost of movement through the landscape. Three different types of distances can be computed. 1) least-cost distance, 2) length of the least-cost path, 3) Euclidean distance. Matrices of effective distances can then be exported to other software to test, for example, for isolation by distance. The use of effective distances allows to investigate the role of the environment on the spatial genetic structuring of populations. Especially for habitat specialists, least-cost distances may give a more realistic measure of spatial isolation (or its inverse, connectivity) than standard Euclidean distance (e.g. Chardon *et al.* 2003; Coulon *et al.* 2004)

PATHMATRIX is an extension to the Geographical Information System (GIS) software ARCVIEW 3.x, and is written in the language *Avenue*. It needs to be used in conjunction with the ARCVIEW module Spatial Analyst.

.

PATHMATRIX es una herramienta para calcular matrices de distancias geográficas efectivas entre muestras, basadas en un algoritmo de trayectoria de mínimo coste. Las localizaciones puntuales (puntos) o las zonas que abarcan los puntos de datos de las muestras (polígonos) se utilizan junto con un mapa de fricción específico para cada especie que representa el coste del movimiento a través del paisaje. Se pueden calcular tres tipos diferentes de distancias 1) distancia de mínimo coste, 2) longitud del camino de mínimo coste, 3) distancia euclidiana. Las matrices de distancias efectivas pueden exportarse a otro software para comprobar, por ejemplo, el aislamiento por distancia. El uso de las distancias efectivas permite investigar el papel del entorno en la estructuración genética espacial de las poblaciones. Especialmente para los especialistas en hábitats, las distancias de mínimo coste pueden dar una medida más realista del aislamiento espacial (o su inversa, la conectividad) que la distancia euclidiana estándar (por ejemplo, Chardon et al. 2003; Coulon et al. 2004)

PATHMATRIX es una extensión del software del Sistema de Información Geográfica (SIG) ARCVIEW 3.x, y está escrito en el lenguaje Avenue. Debe utilizarse junto con el módulo Spatial Analyst de ARCVIEW.

Computational Ecology Laboratory



Computational Ecology Lab

Welcome to the Computational Ecology Lab

[Software](#)

UNICOR: A landscape connectivity program

Contact Information

CEL

Erin Landguth

Phone: (406) 210-9332

erin.landguth@mso.umt.edu

UNICOR is intended for use by land managers as well as the research community and will be a valuable tool in applied conservation biology. It provides new functionality to increase understanding of species connectivity in current and future landscapes. This, in turn, provides invaluable ability to quantitatively compare spatially explicit conservation and restoration scenarios and prioritize actions to have the largest cumulative effects on population connectivity. The results can be used to designate sites as potential source or sink populations and identify corridors and barriers. Simulations could address prioritizing areas of greatest concern, effects of climate change on wildlife populations, or habitat fragmentation under future climate or landuse change.

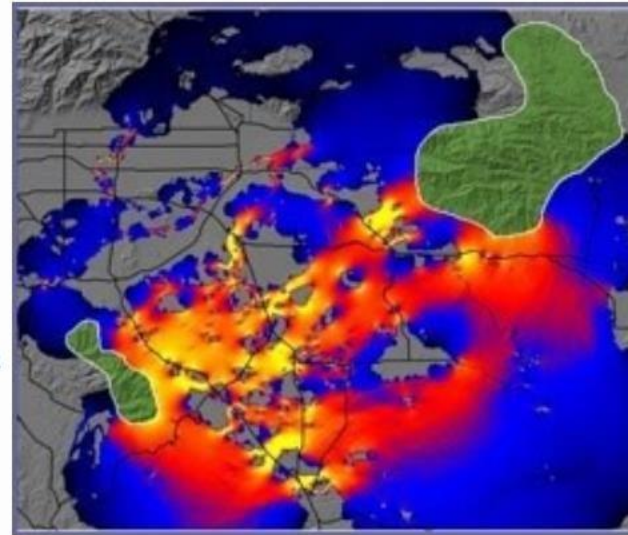
UNICOR está pensado para que lo utilicen tanto los gestores del territorio como la comunidad investigadora y será una herramienta valiosa en la biología de la conservación aplicada. Proporciona una nueva funcionalidad para aumentar la comprensión de la conectividad de las especies en los paisajes actuales y futuros. Esto, a su vez, proporciona una capacidad inestimable para comparar cuantitativamente escenarios de conservación y restauración espacialmente explícitos y priorizar las acciones que tengan los mayores efectos acumulativos sobre la conectividad de las poblaciones. Los resultados pueden utilizarse para designar lugares como posibles fuentes o sumideros de población e identificar corredores y barreras. Las simulaciones podrían abordar la priorización de las áreas más preocupantes, los efectos del cambio climático en las poblaciones de fauna silvestre o la fragmentación de los hábitats bajo un futuro cambio climático o de uso del suelo.

Circuitscape

[Documentation](#) [Downloads](#) [About Circuitscape](#) [Linkage Mapper](#) [Publications](#) [Authors](#)



This site is home to [Circuitscape](#), [Omniscape](#), and [Gnarly Landscape Utilities](#). LinkageMapper has now been moved to [its own website](#). All are free and open source. Circuitscape borrows algorithms from electronic circuit theory to predict connectivity in heterogeneous landscapes. Omniscape offers a “coreless” approach by applying Circuitscape iteratively in a moving window to predict omni-directional connectivity. Linkage Mapper uses least-cost corridor analysis, circuit theory, and barrier analysis to map corridors, detect pinch-points and restoration opportunities within them, and identify important core areas and corridors. Gnarly Landscape Utilities automates the creation of core area maps and resistance layers needed for connectivity modeling.



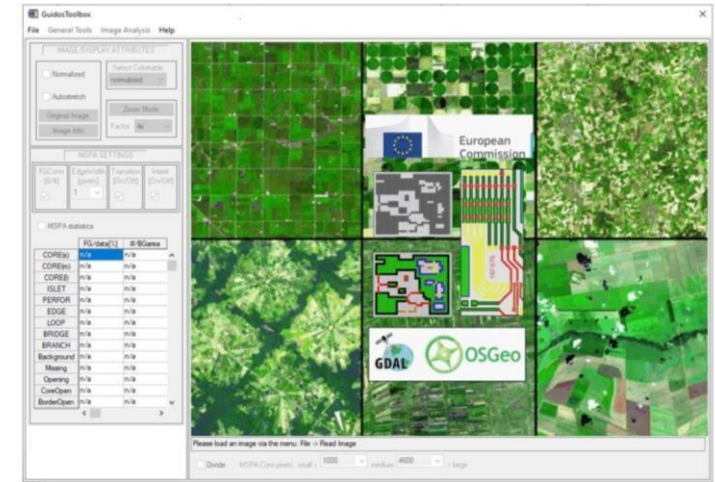
GuidosToolbox (GTB)

GuidosToolbox (**G**raphical **U**ser **I**nterface for the **D**escription of image **O**bjects and their **S**hapes) contains a wide variety of generic raster image processing routines, including related free software such as [GDAL](#) (to process geospatial data and to export them as raster image overlays in Google Earth), and [FWTools](#) (pre/post-process and visualize any raster or vector data). The *GuidosToolbox Workbench* ([GWB](#)) contains most popular image analysis modules setup as commandline-only scripts for automated mass-processing on Linux 64bit servers.

All tools are based on geometric principles and can thus be applied at any scale and to any kind of raster data.

GuidosToolbox also includes **MSPA** (**M**orphological **S**patial **P**attern **A**nalysis), a customized sequence of mathematical morphological operators targeted at the description of the geometry and connectivity of the image components.

The [MSPA website](#) provides further information on MSPA features, application examples as well as links to download [MSPA-plugins](#) for GIS applications.



The graphical user interface of GuidosToolbox.

GuidosToolbox (Graphical User Interface for the Description of image Objects and their Shapes) contiene una amplia variedad de rutinas genéricas de procesamiento de imágenes raster, incluyendo software libre relacionado como GDAL (para procesar datos geoespaciales y exportarlos como superposiciones de imágenes raster en Google Earth), y FWTools (pre/post-proceso y visualización de cualquier dato raster o vectorial). GuidosToolbox Workbench (GWB) contiene los módulos de análisis de imágenes más populares, configurados como scripts de línea de comandos para el procesamiento masivo automatizado en servidores Linux de 64 bits. Todas las herramientas se basan en principios geométricos y, por tanto, pueden aplicarse a cualquier escala y a cualquier tipo de datos ráster. GuidosToolbox también incluye MSPA (Morphological Spatial Pattern Analysis), una secuencia personalizada de operadores morfológicos matemáticos destinados a la descripción de la geometría y la conectividad de los componentes de la imagen. El sitio web de MSPA ofrece más información sobre las características de MSPA, ejemplos de aplicación y enlaces para descargar complementos de MSPA para aplicaciones SIG.





Mosaico de hábitats en un paisaje y efecto barrera de una vía de transporte, que en este caso se ha reducido mediante la construcción de un viaducto. Fotos Minuartia y GIASA, Junta de Andalucía.

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.
- Conocer la posibilidades de análisis que ofrece Conefor y su aplicación.
- Interpretar los resultados.

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.

ÍNDICES DE CONECTIVIDAD

- 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)

El **índice *Probability of Connectivity* (Probabilidad de Conectividad), PC**, derivado del concepto de disponibilidad de hábitat, se define como la **probabilidad de que dos puntos ubicados al azar dentro del paisaje queden situados en zonas de hábitat interconectadas entre sí**, para un determinado conjunto de teselas de hábitat y enlaces (conexiones) entre las mismas (Saura y Pascual-Hortal 2007). Se calcula de la siguiente manera:

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

Donde n es el número total de teselas de hábitat, ai y aj son los atributos (por ej. superficies de hábitat) de las teselas i y j respectivamente, pij* es la probabilidad máxima de conexión entre las teselas i y j, AL es la superficie total del paisaje o zona de análisis, y PCnum denota el numerador del índice PC.

Es muy útil la aplicación del índice PC a la **priorización de los elementos del paisaje (teselas de hábitat y elementos conectores)** por su contribución a la conectividad y disponibilidad de hábitat en el paisaje. Esta contribución se obtiene calculando el porcentaje de variación en el índice PC (**dPCk**) causado por la eliminación del paisaje de cada uno de esos elementos individuales, de acuerdo con la siguiente expresión (Keitt et al. 1997, Urban y Keitt 2001, Saura y Pascual-Hortal 2007):

$$dPC_k = 100 \cdot \frac{PC - PC_k}{PC}$$

El cálculo de **dPCk** para cada uno de los elementos del paisaje (teselas y enlaces) **permite priorizar e identificar las zonas cuya pérdida o deterioro supondría un mayor impacto negativo en la conectividad** del conjunto del paisaje. De esta forma se puede **maximizar la efectividad de las actuaciones de conservación** previstas al focalizarlas en aquellas zonas clave para la conectividad del conjunto. El mismo procedimiento se puede aplicar para el caso de **medidas de restauración** del hábitat que añadan al paisaje nuevos elementos favorables para la conectividad y disponibilidad del mismo, así como para la mejora de los ya existentes.

ÍNDICES DE CONECTIVIDAD

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

ÍNDICES DE CONECTIVIDAD

- 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)

ÍNDICES DE CONECTIVIDAD BINARIOS

Los modelos de conexión binarias consideran cada dos nodos conectados o no conectados

Son los más simples

La existencia de un vínculo Entre un par de nodos que implica la capacidad potencial de un organismo para dispersarse directamente entre los nodos que se consideran conectados.

El vínculo se asigna comparando la distancia entre los nodos y el umbral de distancia de dispersión de la especie considera.

Distancia: euclidiana
efectiva (capacidad de movimiento).

Hay que tener en cuenta el riesgo de mortalidad al desplazarse entre las distintas coberturas.

ÍNDICES DE CONECTIVIDAD PROBABILÍSTICOS

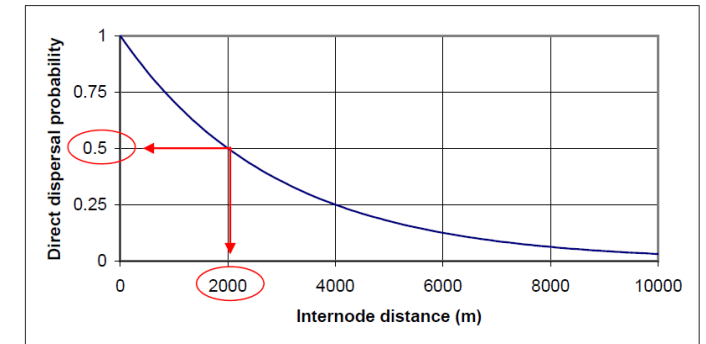
Caracterizan las conexiones a través de una probabilidad de dispersión directa entre cada dos nodos.

Se puede utilizar como probabilidad de dispersión la estimación de la frecuencia o la viabilidad del movimiento directo de los organismos.

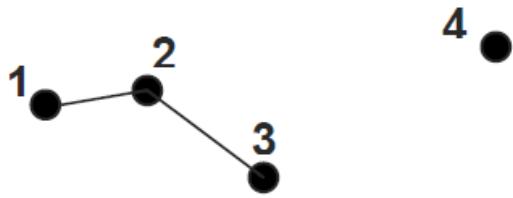
Es una función exponencial decreciente de la distancia entre los parches.

como probabilidad de dispersión podemos utilizar:

- la distancia euclidiana o efectiva (coste mínimo)
- o puede estar calculada externamente mediante monitoreo de patrones de movimientos reales o métodos de captura recaptura.



BINARY

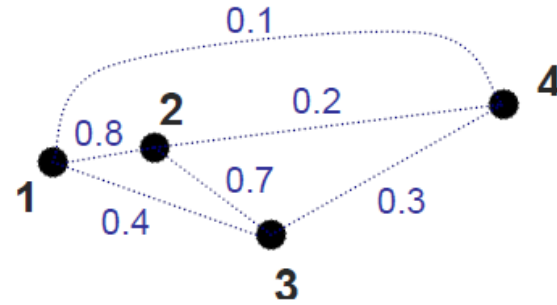


Links

YES / NO

From node	To node	LINK
2	1	1
3	1	0
3	2	1
4	1	0
4	2	0
4	3	0

PROBABILISTIC



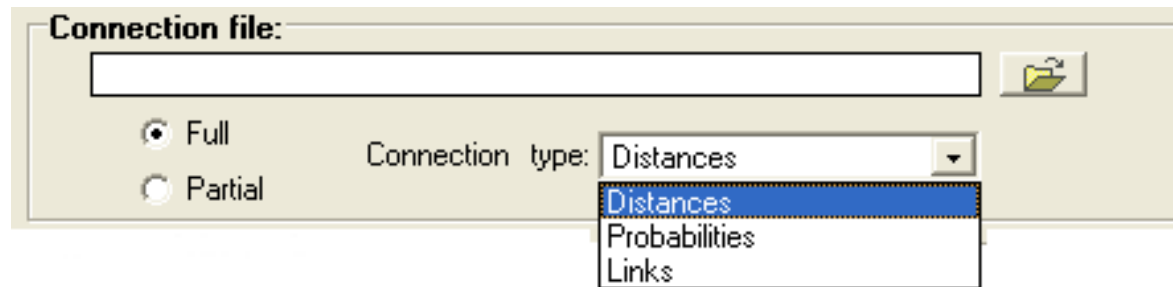
Probabilities

0 - 1

From node	To node	PROB
2	1	0.8
3	1	0.4
3	2	0.7
4	1	0.1
4	2	0.2
4	3	0.3

TIPOS DE CONEXIONES

- Distancias
- Probabilidades
- Enlaces (1 hay enlace; 0 no hay enlace)



CARACTERIZACIÓN DE CONEXIONES EN EL MODELO BINARIO

Distancia: valor umbral de distancia
> umbral = no conectado
< = umbral = conectado

Probabilidades: valor umbral de probabilidad
< umbral desconectado
> = umbral conectado (directa o de entrenudos)

Enlaces: no es necesario especificar

CARACTERIZACIÓN DE CONEXIONES EN EL MODELO PROBABILISTICO

Distancia: distancia de dispersión media de la especie 0.5
distancia máxima de dispersión: 0.05 – 0.01 dependiendo de la información disponible.

Probabilidad: de que un organismo pueda dispersarse una distancia igual o mayor de la distancia entre nodos = PROBABILIDAD DE DISPERSIÓN DIRECTA

Distance connection file

2	1	95.0775
3	1	10702.0926
3	2	10399.1063
4	1	3815.9717
4	2	4268.6740
4	3	14702.1201
5	1	4040.1056
5	2	4207.1797
5	3	13634.3167
5	4	2036.3631
6	1	9653.8086
6	2	9918.3022
6	3	19221.6779
6	4	5596.2132
6	5	5510.1152

Probability connection file

2	1	0.9869059
3	1	0.2268140
3	2	0.2365437
4	1	0.5891904
4	2	0.5533504
4	3	0.1302699
5	1	0.5711648
5	2	0.5580878
5	3	0.1510541
5	4	0.7540475
6	1	0.2622907
6	2	0.2528476
6	3	0.0696209
6	4	0.4603354
6	5	0.4658628

Link connection file

2	1	1
3	1	0
3	2	0
4	1	1
4	2	1
4	3	0
5	1	1
5	2	1
5	3	0
5	4	1
6	1	0
6	2	0
6	3	0
6	4	0
6	5	0

The following are examples of PARTIAL connection files for a landscape with six nodes:

Distance connection file

2	1	95.0775
3	2	10399.1063
4	1	3815.9717
4	2	4268.6740
5	1	4040.1056
5	4	2036.3631
6	1	9653.8086
6	5	5510.1152

Probability connection file

2	1	0.9869059
4	1	0.5891904
4	2	0.5533504
4	3	0.1302699
5	1	0.5711648
5	2	0.5580878
6	4	0.4603354
6	5	0.4658628

Link connection file

3	2	0
4	1	1
4	2	1
5	3	0
5	4	1
6	1	0
6	2	0
6	3	0

Full probability connection file

2	1	0.9869059
3	1	0
3	2	0.5533504
4	1	0
4	2	0.5711648
4	3	0.5580878
5	1	0
5	2	0
5	3	0.2483888
5	4	0.8972342

Partial probability connection file

2	1	0.9869059
3	2	0.5533504
4	2	0.5711648
4	3	0.5580878
5	3	0.2483888
5	4	0.8972342

Full link connection file

2	1	1
3	1	0
3	2	0
4	1	1
4	2	1
4	3	0
5	1	1
5	2	1
5	3	0
5	4	1

Partial link connection file

2	1	1
4	1	1
4	2	1
5	1	1
5	2	1
5	4	1

ÍNDICES DE CONECTIVIDAD

Binarios:

IIC = índice integral de conectividad

- Valores: 0 o 1
- IIC altos: conectividad mejorada

Probabilísticos

PC = probabilidad de conectividad

- Valores: entre 0-1
- PC altos: conectividad mejorada
- La ruta de máxima probabilidad será la ruta más corta en término de unidades de distancia.

ÍNDICES DE CONECTIVIDAD

ÍNDICES BINARIOS

CONECTIVIDAD MEJORADA

NL (NÚMERO DE ENLACES)



NC (NÚMERO DE COMPONENTES)



CCP (PROBABILIDAD DE COINCIDENCIA DE CLASE)



LCP (PROBABILIDAD DE COINCIDENCIA DE PAISAJE)



ICC (ÍNDICE INTEGRAL DE CONECTIVIDAD)



ÍNDICES DE CONECTIVIDAD

ÍNDICES BINARIOS

PC (PROBABILIDAD DE CONECTIVIDAD)

F (FLUJO)

AWF (FLUJO PONDERADO POR ÁREA)

CONECTIVIDAD MEJORADA



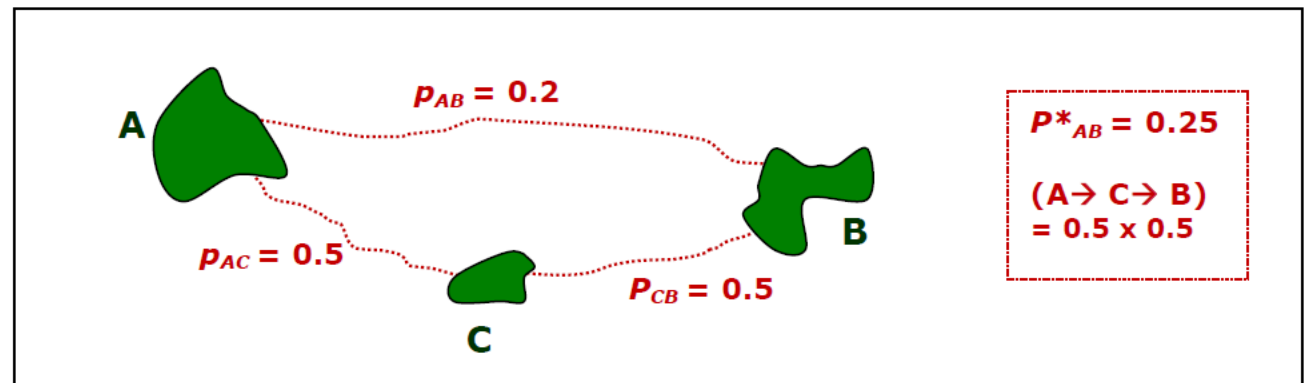
ÍNDICES DE CONECTIVIDAD

BINARIOS

- Número de enlaces NL
- Índice integral de conectividad IIC

PROBABILÍSTICOS

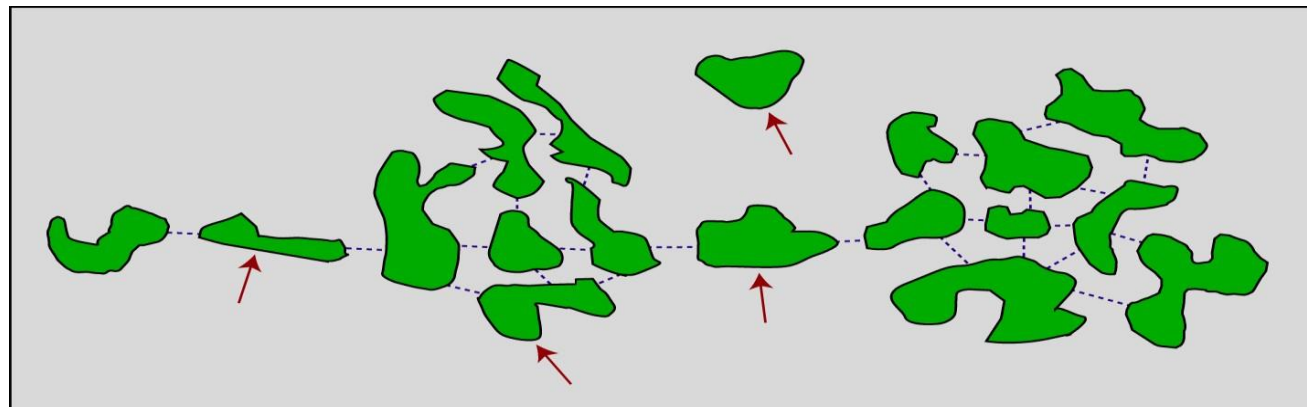
- Probabilidad de conectividad PC



METODOLOGÍA: CONEFOR SENSODINE 2.6

• <http://www.conefor.org>

- CONEFOR 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.



METODOLOGÍA: CONEFOR SENSODINE 2.6

- Como entradas de datos: la estructura espacial; 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).
- Como 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.
- Permite clasificar los parches de hábitat (priorización de parches) por su contribución a la conectividad del paisaje.
- 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.
- 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.
- Como resultado obtendremos valores de índices de disponibilidad de hábitat. 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).

DATOS: FICHERO DE NODOS

- 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.

1	51.37761
2	32.16446
3	6.20032
4	68.77729
5	14.39476
6	4.63687

1206	5.37761	1
2024	3.16446	0
315	6.20032	1
1476	68.77729	0
523	4.39476	1
690	4.63687	1
1722	11.7161	0
874	62.2495	1

Node file:


 There are nodes to add

- 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.

ZONAS VERDES NODOS: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

nombre	AREAS
1	55181
2	58214
3	14238
4	161962
5	7167
6	3391
7	35293
8	2745
9	12992
10	3159
11	2644
12	5156
13	83639
14	10965
15	4593
16	33556
17	2744
18	9009
19	11386
20	11521
21	13330
??	4934

Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) UTF-8

- Los atributos a considerar serán:

Áreas (tamaño mínimo del parche para la supervivencia de la especie).

Distancia: distancia de desplazamiento máxima de la especie.

DATOS: FICHERO DE CONEXIÓN

- 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.

zonas verdes con nodos y distancias totales sin cabece... - □ ×

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

1	7	0
2	88	470
3	3	0
4	56	335
5	68	172
6	30	79
7	1	74
8	42	261
9	30	180
10	76	614
11	85	607
12	59	45
13	76	176
14	80	440
15	67	97
16	82	268
17	38	243
18	57	230
19	72	347
20	60	97
21	38	1396
22	59	185
23	23	59

Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) UTF-8

CÁLCULO DE LA IMPORTANCIA DE NODOS

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.

Más recientemente, se ha demostrado cómo algunos de estos últimos índices (por ejemplo, índice integral de conectividad, probabilidad de conectividad) pueden dividirse en tres fracciones separadas que cuantifican las diferentes formas en que un parche de hábitat en particular puede contribuir a la conectividad y disponibilidad hábitat en el paisaje.

INTERPRETACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LOS NODOS

Node dA dIIC dIICintra dIICflux dIICconnector dPC dPCintra dPCflux dPCconnector

Intra = índice de conectividad intraparche.

Flujo = índice de conectividad interparche.

Conector = índice de conectividad interparche.

$dIIC = dIICintra + dIICflux + dIICconector$

$dPC = dPCintra + dPCflux + dPCconector$

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.

El valor **dPCflux** de una tesela refleja lo bien conectada que está dicha tesela con el resto del hábitat existente en el paisaje, pero no la importancia de la misma para mantener los flujos y conexiones entre otras zonas de hábitat, aspecto que cuantifica la siguiente fracción.

dPCconnector Es la contribución del parche o el enlace 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 valor **dPCconnector** de una tesela evalúa la contribución de dicha tesela como elemento conector o tesela puente (*stepping stone*) entre el resto de teselas de hábitat del paisaje. Y da idea de cuánto de irremplazable es la tesela por no haber elementos alternativos que puedan ser utilizados de igual forma en caso de desaparición.

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:

dIIC_{intra} (intra)

dIIC_{flujo} (flux)

dIIC_{conector} (connector)

Node dA dIIC dIICintra dIICflux dIICconnector dPC dPCintra dPCflux dPCconnector

Intra = índice de conectividad intraparche.

Flujo = índice de conectividad interparche.

Conector = índice de conectividad interparche.

$dIIC = dIICintra + dIICflux + dIICconector$

$dPC = dPCintra + dPCflux + dPCconector$

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.

Más recientemente, se ha demostrado cómo algunos de estos últimos índices (por ejemplo, índice integral de conectividad, probabilidad de conectividad) pueden dividirse en tres fracciones separadas que cuantifican las diferentes formas en que un parche de hábitat en particular puede contribuir a la conectividad y disponibilidad habitat en el paisaje.

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)

EJEMPLO



Navegador

- Favorites
- Marcadores espaciales
- Inicio del proyecto
- Inicio
- C:\
- GeoPackage
- Spatialite
- PostGIS
- MSSQL
- Oracle
- DB2

Capas

- 07_06_ZonaVerde

Editor de vértices

Right click on an editable feature to show its table of vertices.

When a feature is bound to this panel, dragging a rectangle to select vertices on the canvas will only select those of the bound feature.



Estilo de capas

07_06_ZonaVerde

- Sin etiquetas
- Etiquetas sencillas
- Etiquetado basado en reglas
- Bloqueo

Actualización en vivo Aplicar



Estilo de capas

09_14_RedCarreteras

Símbolo único

Línea

Línea sencilla

Actualización en vivo

Aplicar

Visor de resultados

Caja de herramientas de Procesos

Buscar...

- Usado recientemente
- Análisis de redes
- Análisis de vector
- Análisis del terreno ráster
- Análisis ráster



Portapapeles

Font settings: Book Antigua, size 8, bold, italic, underline, strikethrough, subscript, superscript, color, highlight, background color.

Paragraph settings: bulleted list, numbered list, decrease/increase indent, left-align, center-align, right-align, justify, line spacing, bullet style, grid.

Styles: Normal, Párrafo..., Sin espa..., Table Par...

Edición: Buscar, Reemplazar, Seleccionar

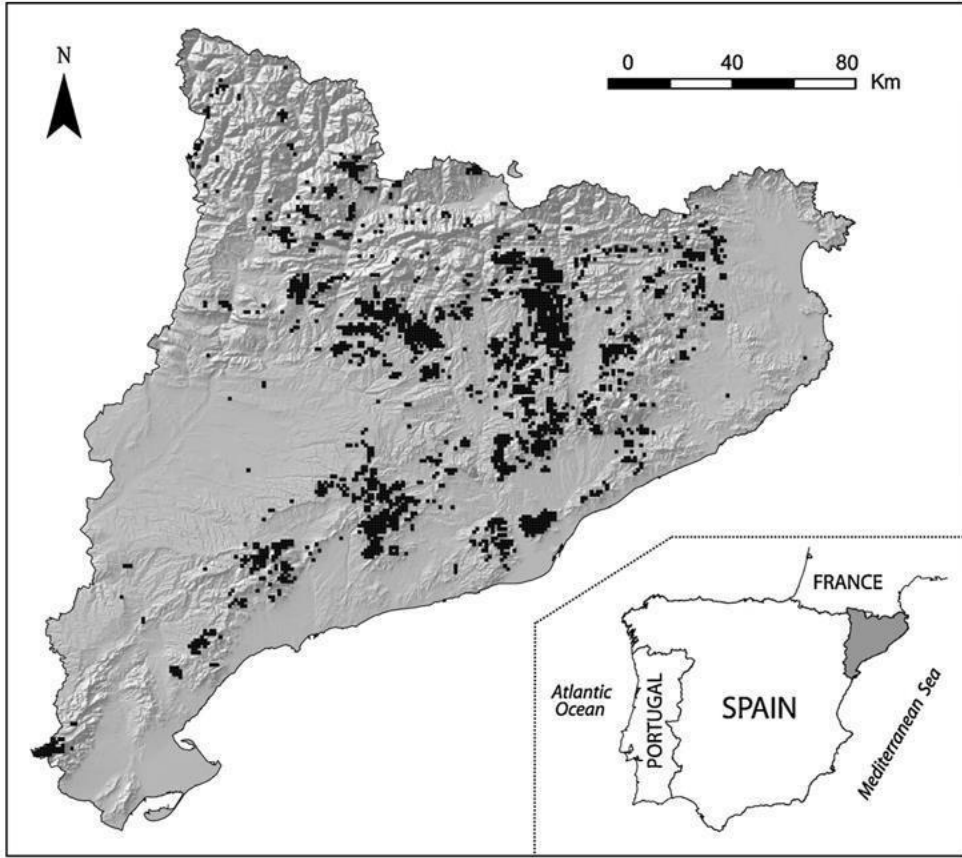
Voz: Dictar

Confidencialidad

Editor

G. Batany et al. / Indicadores ecológicos 11 (2011) 1301-1310

1303





nombre	AREAS
1	55181
2	58214
3	14238
4	161962
5	7167
6	3391
7	35293
8	2745
9	12992
10	3159
11	2644
12	5156
13	83639
14	10965
15	4593
16	33556
17	2744
18	9009
19	11386
20	11521
21	13330
??	4934

NODO1	NODO2	distance
1	7	0
2	88	470
3	3	0
4	56	335
5	68	172
6	30	79
7	1	74
8	42	261
9	30	180
10	76	614
11	85	607
12	59	45
13	76	176
14	80	440
15	67	97
16	82	268
17	38	243
18	57	230
19	72	347
20	60	97
21	38	1396
??	59	185

Conefor 2.6 - NewProject1.txt

Project Execution Results Help

Node file:
AS VERDES DE MÁLAGA\ZONAS VERDES NODOS sin cabecera.txt 
 There are nodes to add

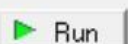
Connection file:
C:\Users\maric\Desktop\ZONAS VERDES DE MÁLAGA\zonas verde 
 Full Partial Connection type: Distances

Connectivity indices:

Binary indices
 NL NC H
 BC LCP IIC
Distance threshold: 1000

Probabilistic indices
 F PC [more >>>](#)
 AWF
Distance 1000
corresponds to probability 1





A_L (optional)

Mode:
 Only overall index Show deltas
 Only added nodes Show vars
Precision
 High Standard 

Link importances:
 Link Removal
 Link Improvement
 Link Change
 Heuristic on/off
Max distance:

Execution Events:

AWF: 0 seconds
PC: 0 seconds
BC: 0 seconds
BC_IIC: 0 seconds
BC_PC: 1 seconds
Execution ended at 18:35:50 19/01/2021
Total processing time 9 seconds

Execution ended 100% completed

Node	dA	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dPC	dPCintra	dPCflux	dPCconnector
1	3,4944700	3,7679690	2,2981220	1,4698470	0,0000007	6,8668270	0,1221132	6,7447130	0,0000000
2	3,6865420	3,1207860	2,5576950	0,5455984	0,0174928	7,2371780	0,1359059	7,1012720	0,0000000
3	0,9016557	0,1530002	0,1530002	0,0000000	0,0000008	1,7951820	0,0081298	1,7870520	0,0000000
4	10,2566300	24,9233100	19,7979500	5,1253560	0,0000006	19,4612800	1,0519850	18,4093000	0,0000000
5	0,4538676	0,4842216	0,0387676	0,4454540	0,0000008	0,9056752	0,0020600	0,9036153	0,0000000
6	0,2147433	1,6614210	0,0086786	0,2644391	1,3883050	0,4290254	0,0004611	0,4285642	0,0000000
7	2,2350140	2,4099400	0,9400937	1,4698470	0,0000008	4,4200760	0,0499529	4,3701230	0,0000000
8	0,1738337	0,3097861	0,0056869	0,3040992	0,0000008	0,3473653	0,0003022	0,3470632	0,0000000
9	0,8227497	0,7849362	0,1273931	0,6575431	0,0000008	1,6387300	0,0067692	1,6319610	0,0000000
10	0,2000513	0,4583000	0,0075317	0,4507683	0,0000008	0,3997024	0,0004002	0,3993022	0,0000000
11	0,1674377	0,1795385	0,0052761	0,1742624	0,0000008	0,3345950	0,0002804	0,3343147	0,0000000
12	0,3265161	0,5193162	0,0200641	0,2146155	0,2846374	0,6519661	0,0010661	0,6509000	0,0000000
13	5,2966410	18,0278700	5,2797290	9,7736540	2,9744920	10,3127400	0,2805441	10,0321900	0,0000000
14	0,6943851	0,2703285	0,0907426	0,1795860	0,0000008	1,3839480	0,0048217	1,3791270	0,0000000
15	0,2908628	0,1190041	0,0159216	0,1030825	0,0000008	0,5808796	0,0008460	0,5800336	0,0000000
16	2,1250150	5,8072430	0,8498345	4,9574090	0,0000008	4,2048720	0,0451569	4,1597150	0,0000000
17	0,1737704	0,2995594	0,0056828	0,0779286	0,2159488	0,3472389	0,0003020	0,3469369	0,0000000
18	0,5705167	0,3212603	0,0612558	0,2600045	0,0000008	1,1377780	0,0032549	1,1345240	0,0000000
19	0,7210459	0,4188554	0,0978445	0,3210109	0,0000008	1,4368930	0,0051991	1,4316940	0,0000000
20	0,7295951	0,9326563	0,1001784	0,5697932	0,2626854	1,4538670	0,0053231	1,4485440	0,0000000
21	0,8441544	0,1341079	0,1341079	0,0000000	0,0000008	1,6811830	0,0071260	1,6740570	0,0000000
22	0,3124575	0,1655657	0,0183735	0,1471922	0,0000008	0,6239386	0,0009763	0,6229623	0,0000000
23	2,1488890	5,7133700	0,8690374	3,2381270	1,6062070	4,2516010	0,0461772	4,2054240	0,0000000
24	0,5256808	0,3868704	0,0520062	0,3348643	0,0000008	1,0485980	0,0027634	1,0458350	0,0000000
25	3,7641810	2,6665610	2,6665610	0,0000001	0,0000007	7,3866720	0,1416906	7,2449820	0,0000000
26	0,1775701	0,0294219	0,0059340	0,0234878	0,0000008	0,3548248	0,0003153	0,3545095	0,0000000
27	0,1856760	0,0786380	0,0064882	0,0457557	0,0263949	0,3710072	0,0003448	0,3706624	0,0000000
28	0,1875125	0,0395636	0,0066171	0,0329464	0,0000008	0,3746733	0,0003516	0,3743217	0,0000000
29	0,1737704	0,0056828	0,0056828	0,0000000	0,0000008	0,3472389	0,0003020	0,3469369	0,0000000
30	1,6392300	2,4496610	0,5056969	1,3311870	0,6127778	3,2515890	0,0268708	3,2247190	0,0000000
31	0,4865445	0,4539213	0,0445508	0,4093705	0,0000008	0,9707218	0,0023673	0,9683546	0,0000000
32	0,7210459	1,2158200	0,0978445	0,4930244	0,6249523	1,4368930	0,0051991	1,4316940	0,0000000
33	0,4187208	0,2547629	0,0329959	0,2217670	0,0000008	0,8356884	0,0017533	0,8339352	0,0000000

Node	dA	dIIC	dIICintra	dIICflux	dIICconnector	dPC	dPCintra	dPCflux	dPCconnector
1	3,4944700	3,7679690	2,2981220	1,4698470	0,0000007	3,4687900	1,5658940	1,9028960	0,0000003
2	3,6865420	3,1207860	2,5576950	0,5455984	0,0174928	2,3100560	1,7427620	0,5476485	0,0196458
3	0,9016557	0,1530002	0,1530002	0,0000000	0,0000008	0,1042512	0,1042512	0,0000000	0,0000003
4	10,2566300	24,9233100	19,7979500	5,1253560	0,0000006	22,9480100	13,4899200	9,4580900	0,0000004
5	0,4538676	0,4842216	0,0387676	0,4454540	0,0000008	0,6509840	0,0264154	0,6245686	0,0000003
6	0,2147433	1,6614210	0,0086786	0,2644391	1,3883050	2,5579500	0,0059134	0,3269037	2,2251330
7	2,2350140	2,4099400	0,9400937	1,4698470	0,0000008	2,5434570	0,6405607	1,9028960	0,0000003
8	0,1738337	0,3097861	0,0056869	0,3040992	0,0000008	0,5481262	0,0038750	0,5442512	0,0000003
9	0,8227497	0,7849362	0,1273931	0,6575431	0,0000008	1,0892070	0,0868031	1,0024040	0,0000003
10	0,2000513	0,4583000	0,0075317	0,4507683	0,0000008	0,5557493	0,0051319	0,5506173	0,0000003
11	0,1674377	0,1795385	0,0052761	0,1742624	0,0000008	0,1740224	0,0035951	0,1704273	0,0000003
12	0,3265161	0,5193162	0,0200641	0,2146155	0,2846374	1,1715900	0,0136713	0,4198582	0,7380610
13	5,2966410	18,0278700	5,2797290	9,7736540	2,9744920	24,2367300	3,5975000	14,9493400	5,6898910
14	0,6943851	0,2703285	0,0907426	0,1795860	0,0000008	0,2677995	0,0618302	0,2059693	0,0000003
15	0,2908628	0,1190041	0,0159216	0,1030825	0,0000008	0,1433624	0,0108487	0,1325137	0,0000003
16	2,1250150	5,8072430	0,8498345	4,9574090	0,0000008	7,5596860	0,5790600	6,9806260	0,0000002
17	0,1737704	0,2995594	0,0056828	0,0779286	0,2159488	0,4717964	0,0038721	0,0955013	0,3724232
18	0,5705167	0,3212603	0,0612558	0,2600045	0,0000008	0,3470047	0,0417384	0,3052662	0,0000003
19	0,7210459	0,4188554	0,0978445	0,3210109	0,0000008	0,5101279	0,0666692	0,4434587	0,0000003
20	0,7295951	0,9326563	0,1001784	0,5697932	0,2626854	2,2582600	0,0682596	1,0248410	1,1651600
21	0,8441544	0,1341079	0,1341079	0,0000000	0,0000008	0,2512400	0,0913784	0,1598616	0,0000003
22	0,3124575	0,1655657	0,0183735	0,1471922	0,0000008	0,3600231	0,0125193	0,3475038	0,0000003
23	2,1488890	5,7133700	0,8690374	3,2381270	1,6062070	9,6470380	0,5921444	5,4832880	3,5716060
24	0,5256808	0,3868704	0,0520062	0,3348643	0,0000008	1,4783550	0,0354359	0,6954844	0,7474348
25	3,7641810	2,6665610	2,6665610	0,0000001	0,0000007	2,6012100	1,8169410	0,7842688	0,0000003
26	0,1775701	0,0294219	0,0059340	0,0234878	0,0000008	0,0283914	0,0040433	0,0243481	0,0000003
27	0,1856760	0,0786380	0,0064882	0,0457557	0,0263949	0,1022945	0,0044209	0,0539283	0,0439456
28	0,1875125	0,0395636	0,0066171	0,0329464	0,0000008	0,0570196	0,0045088	0,0525108	0,0000003
29	0,1737704	0,0056828	0,0056828	0,0000000	0,0000008	0,8925340	0,0038721	0,1585552	0,7301069
30	1,6392300	2,4496610	0,5056969	1,3311870	0,6127778	3,2524740	0,3445716	1,8787350	1,0291670
31	0,4865445	0,4539213	0,0445508	0,4093705	0,0000008	0,5964417	0,0303560	0,5660858	0,0000003
32	0,7210459	1,2158200	0,0978445	0,4930244	0,6249523	1,6374290	0,0666692	0,6446429	0,9261170
33	0,4187208	0,2547629	0,0329959	0,2217670	0,0000008	0,3980349	0,0224827	0,3755522	0,0000003



**ESO ES
TODO**

