

PROGRAMA DE APOYO A PROYECTOS PARA INNOVAR Y MEJORAR LA EDUCACIÓN (PAPIME)

PROYECTO PE200623:

“INTRODUCCIÓN A LA MODELACIÓN DE SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS, CON MÉTODOS DE SISTEMAS COMPLEJOS.”

Responsable:

DR. ERNESTO VICENTE VEGA PEÑA (evega@iies.unam.mx)

Entidad académica:

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) UNAM, campus Morelia

Introducción a la conectividad del Paisaje

Rafael Aguilar Romero

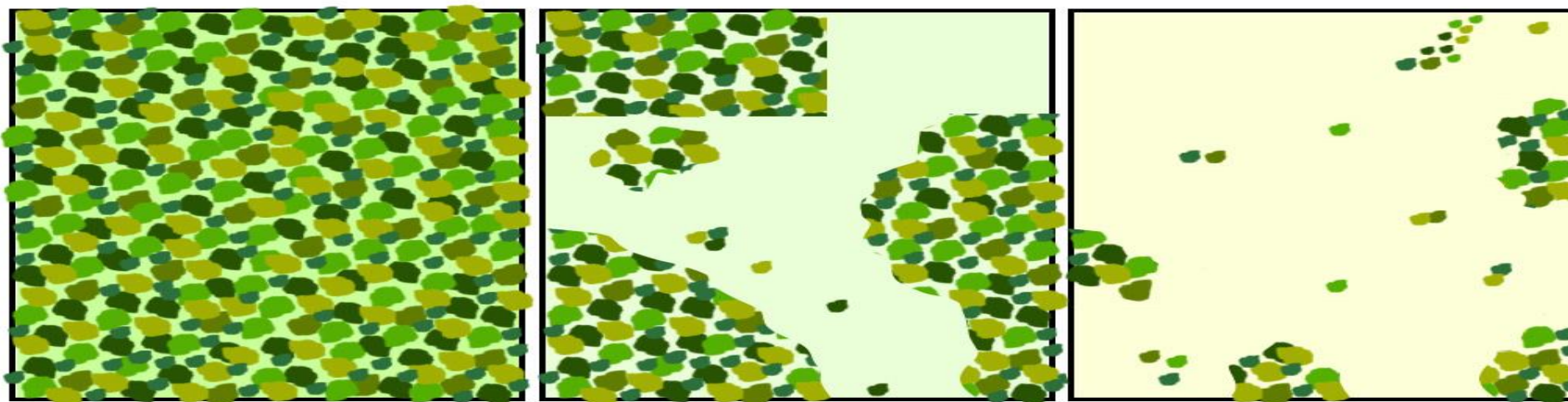
Fernando Pineda García

Alejandro López Mendoza

Fragmentación

- Es un proceso dinámico por el cual un determinado hábitat continuo va quedando reducido a parches o fragmentos de distintos tamaños, que pueden estar o no conectados, inmersos en una matriz de hábitat diferente a la original.
- Hábitat
- Lugar donde una especie (o una comunidad) vive naturalmente y es un espacio que reúne características físicas y biológicas (factores abióticos) necesarios para su reproducción y supervivencia.

Dinámica del proceso de fragmentación



Paisaje original

Paisaje frgmentado
(por actividades antrópicas,
por ejemplo: vivienda,
agricultura o ganadería)

Pérdida de paisaje
(hábitat)

Diseño: Bárbara Castrejón, DGDC-UNAM

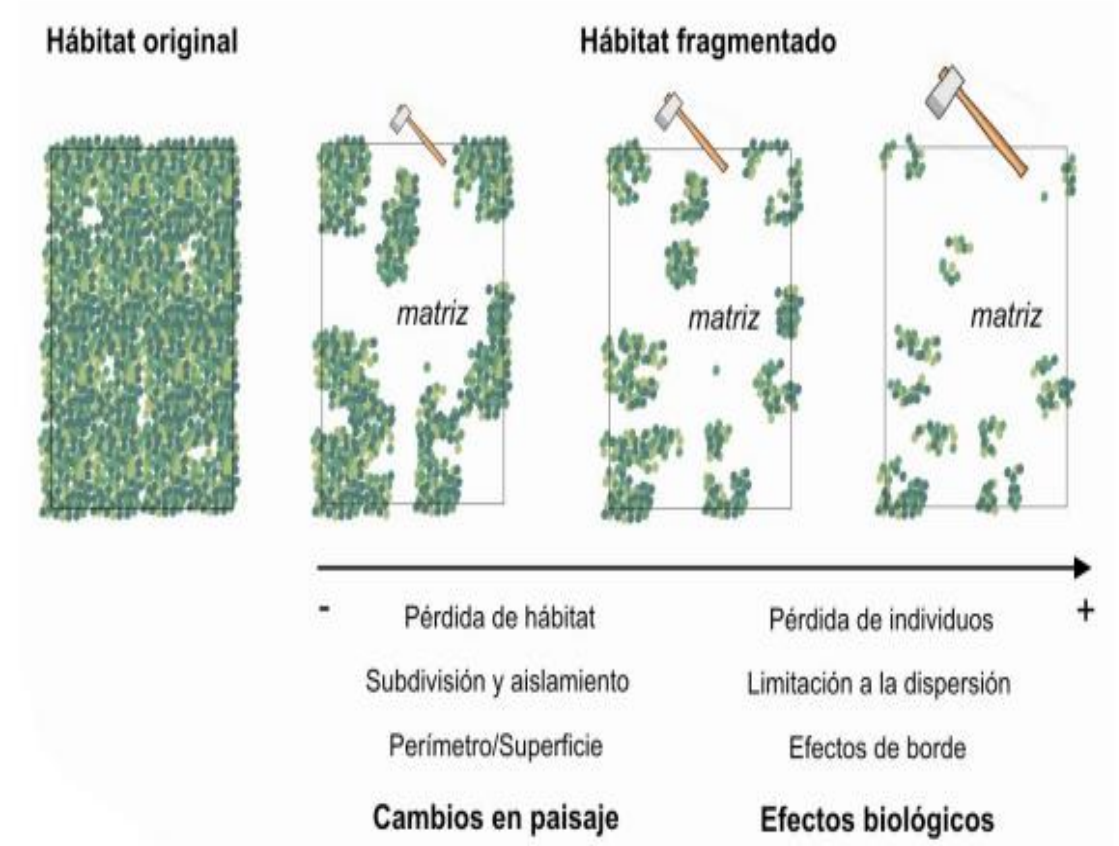
Reducción y aislamiento



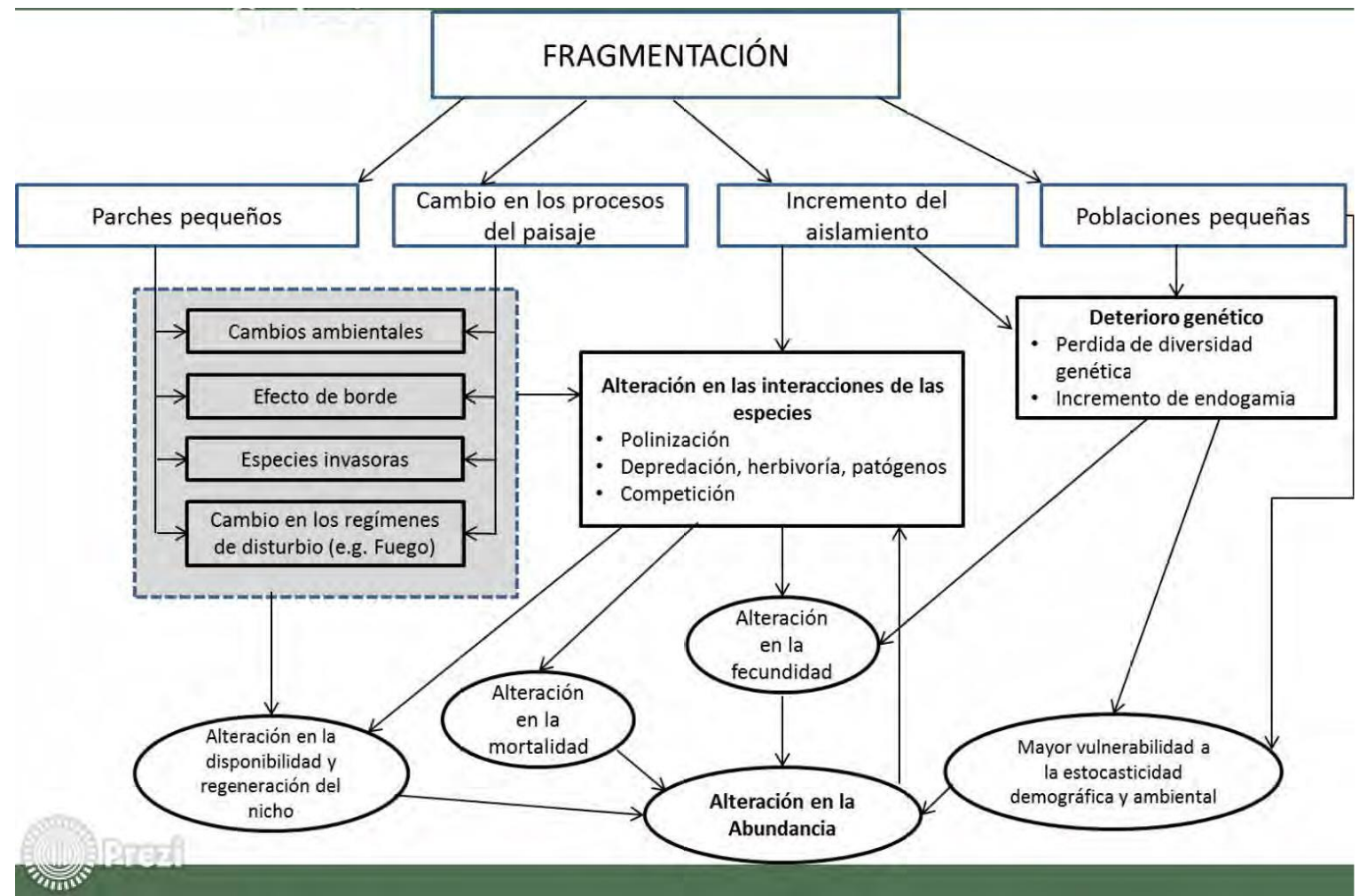
Entonces.....

El proceso de fragmentación

- Promueve la disminución del tamaño de los fragmentos
- Aumenta la distancia entre ellos
- Aumenta el número de parches

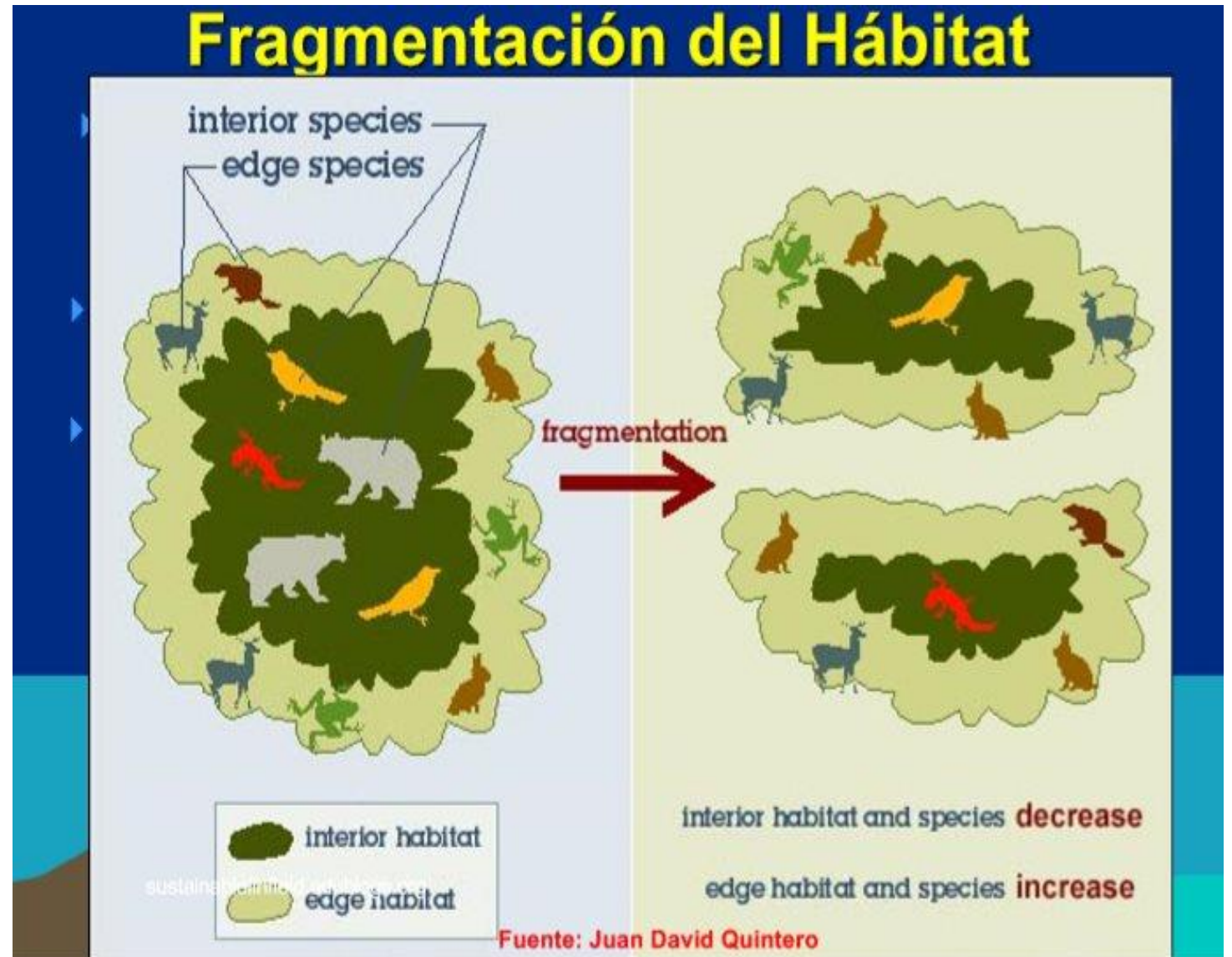


Efectos negativos de la fragmentación



Los
procesos más
afectados son:

- La dispersión de semillas
- La polinización de plantas
- Las relaciones depredador-presa
- La dispersión de parásitos y epidemias



Efectos del borde abiótico



Modificación en la velocidad
viento



Modificación de la
temperatura y humedad



Alteración en el reciclaje de
nutrientes

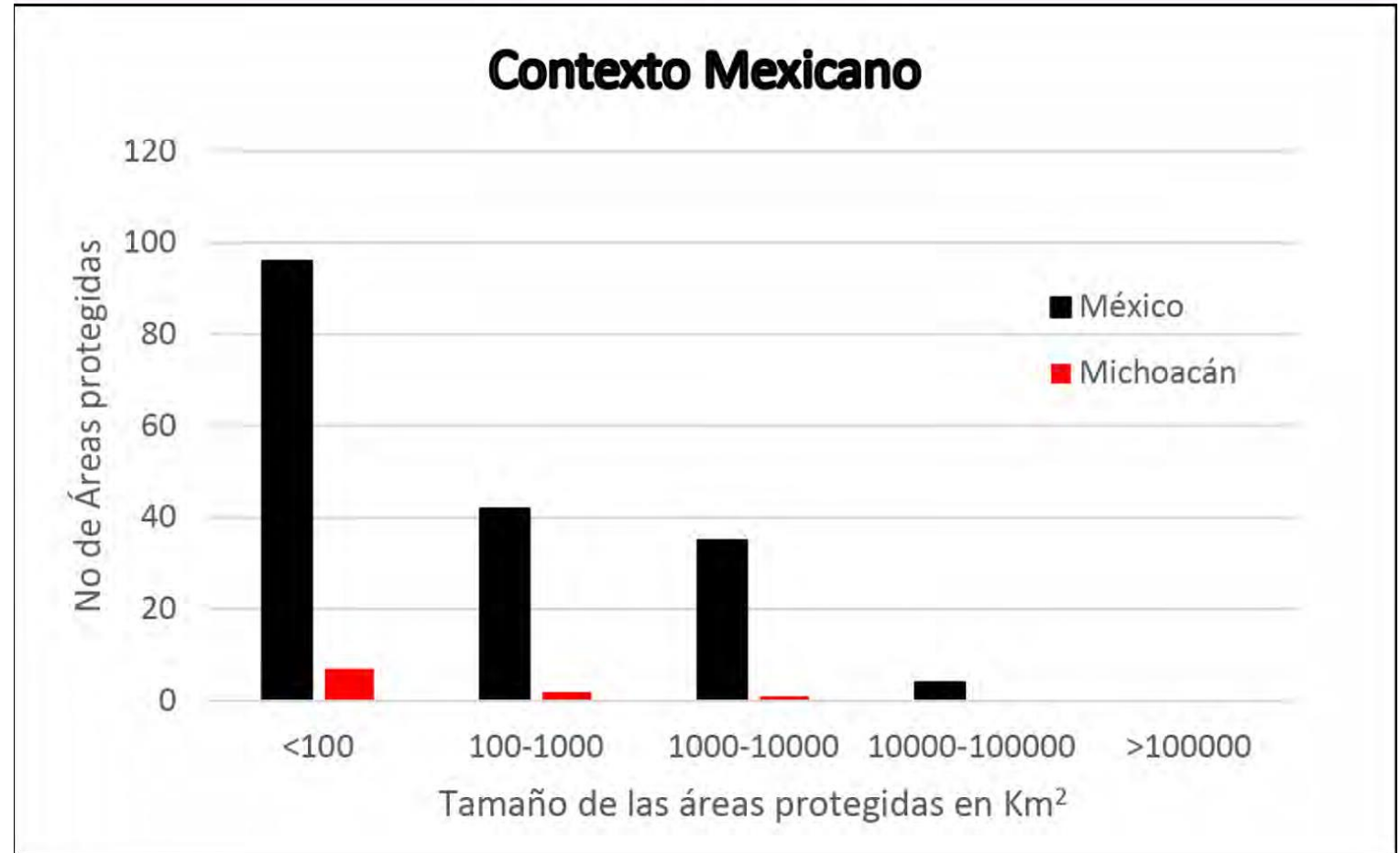


Modifica la radiación o
entrada de luz

Efectos del borde biótico

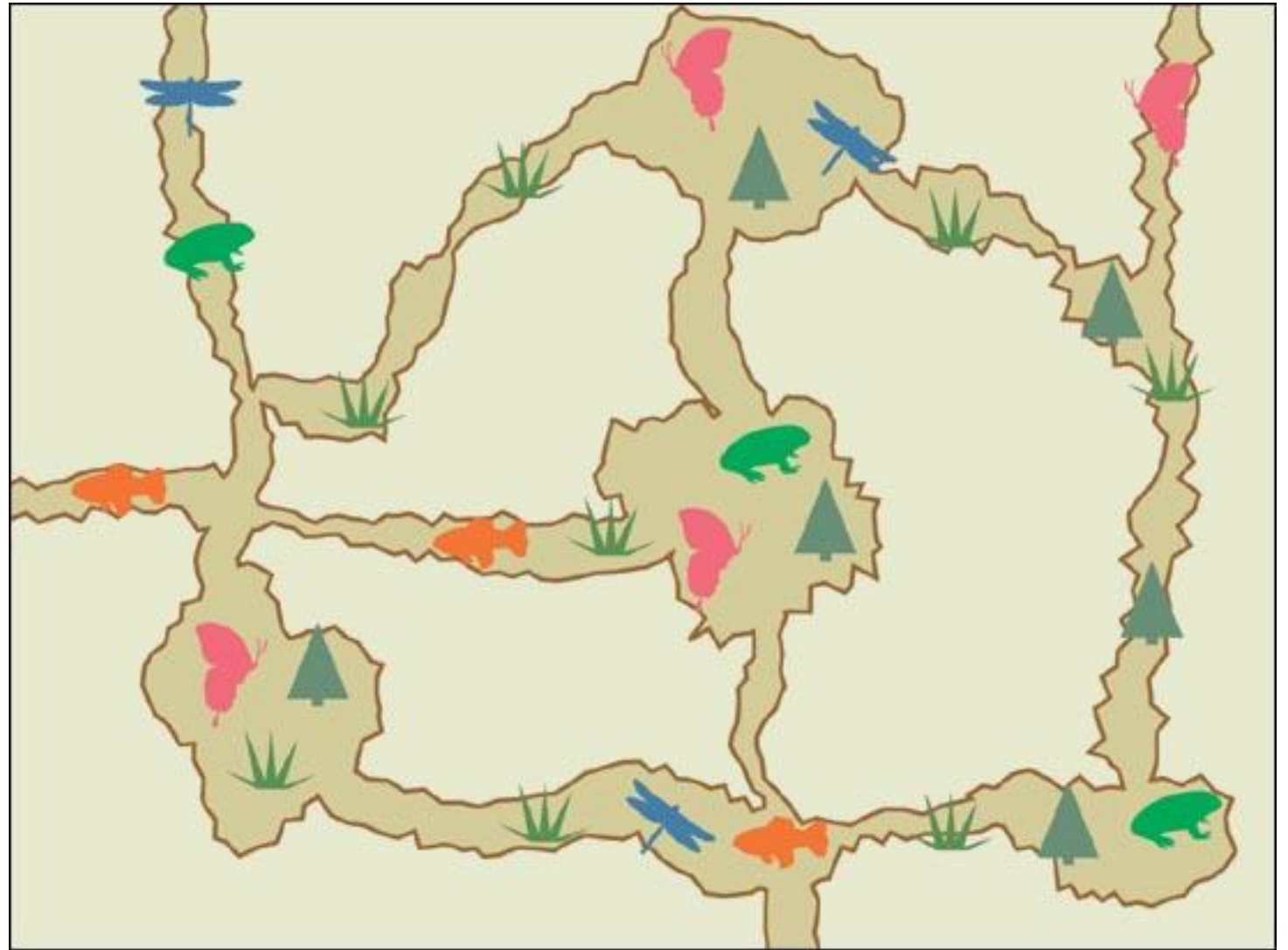
- Incrementa la depredación de nidos
- Impacto en la anidación en pájaros y otras especies
- Alteración de los patrones de dispersión de animales y plantas
- Alteraciones en niveles de actividad de insectos
- Alteración en niveles de invasión de malezas

Un esfuerzo por mitigar esto han sido las ANP.



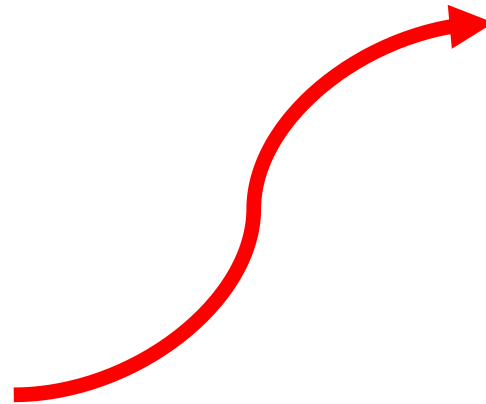
¿Qué es conectividad del paisaje?

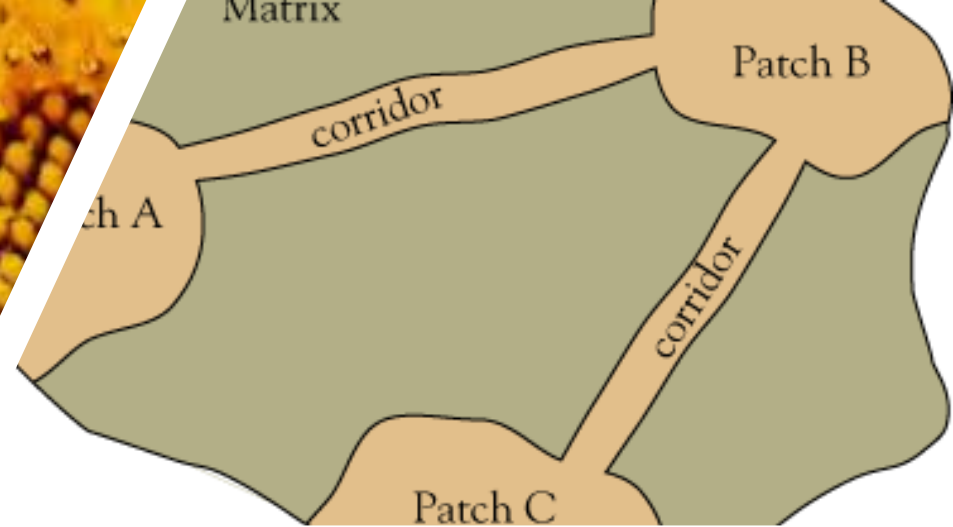
- La conectividad del paisaje se puede definir como aquella característica del mismo que facilita que facilite en mayor o menor medida el movimiento y dispersión de las especies, el intercambio génético, y otros flujos ecológicos a través de zonas de hábitat existentes en el paisaje. (Saura et al



A mayor conectividad=

- Mayor intercambio poblacional
- Aumenta la capacidad de resiliencia
- Capacidad de recolonización por perturbaciones
- Persistencia local y regional





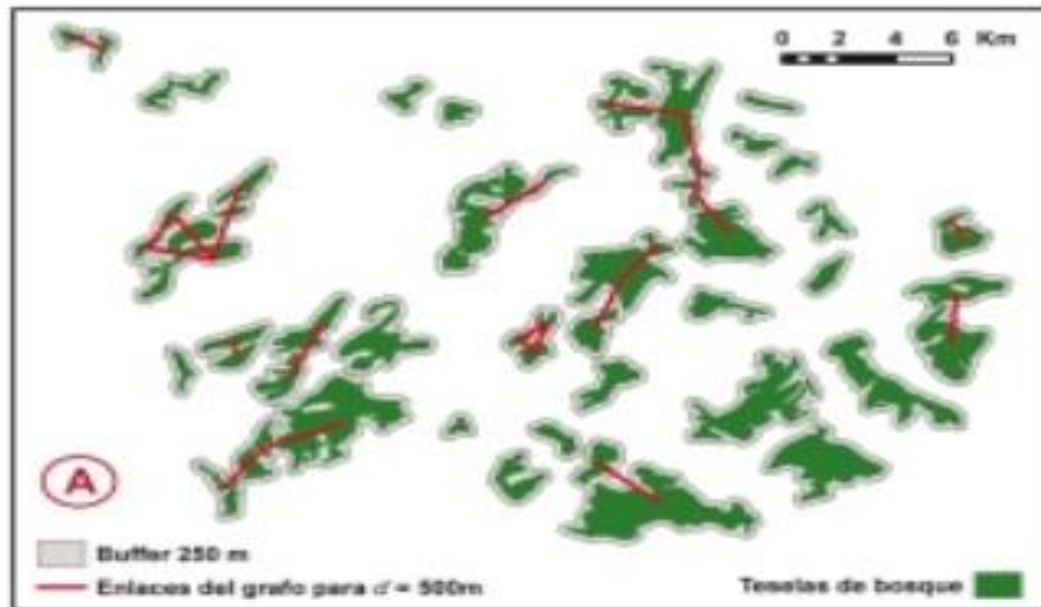
La conectividad depende de dos componentes

- Uno de la configuración del paisaje (Estructural)
- Dos la capacidad y distancias de dispersión de las especies (Funcional), por esto la conectividad puede ser específica para cada especie (Home Range).



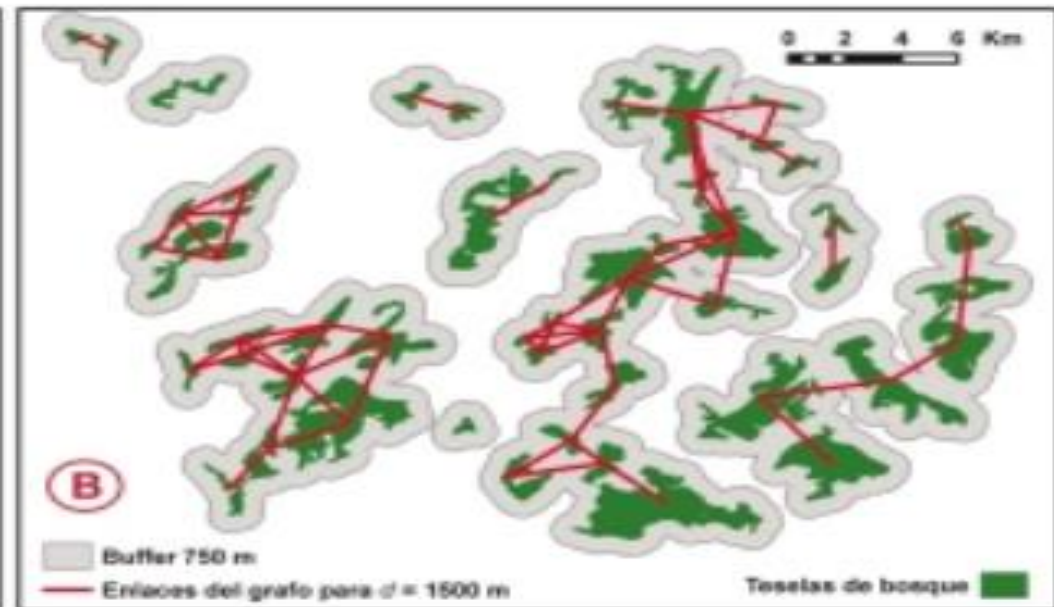
Conectividad estructural

- Grado de continuidad o adyacencia de los parches en el espacio, por lo que se trata de una medida propiamente cartográfica, cuanto más aislados o separados se encuentren los fragmentos de hábitat menor conectividad espacial tendrá dicho hábitat en el paisaje



Conectividad funcional

- Como la configuración espacial y la calidad de elementos en el paisaje afectan el desplazamiento de organismos entre los parches de hábitat.



Elementos del paisaje que contribuyen a la conectividad

Corredores: son enlaces físicos entre parches de habitat.

Facilitan el movimiento de animales

Promueven habitat para poblaciones residentes

Ayudan a la dispersion y reducen la mortalidad

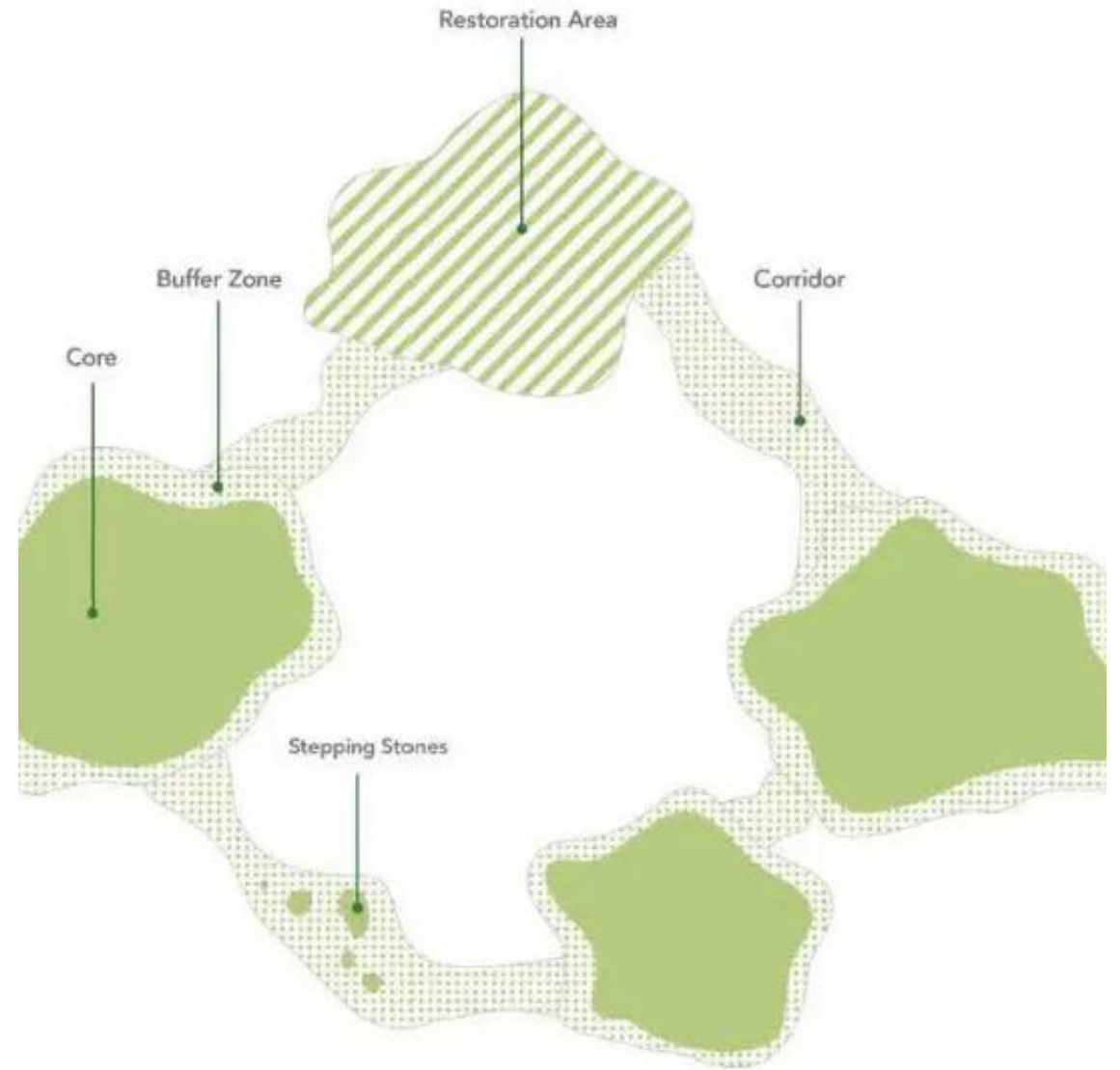
Previenen de extinciones locales por recolonizacion de parches

Promueven el intercambio genético entre poblaciones aumentando la diversidad genética



Parches peldaño (Stepping stones)

- Son parches que se encuentran inmersos en la matriz
- De paisaje que ayudan a la conectividad entre parches de hábitat óptimo.
- Contribuyen a la conectividad de mariposas en Europa
- Especies voladoras frugívoras como los murciélagos los utilizan como parches de recursos para evitar moverse por parches más alejados
- Sirven como refugios en respuesta al cambio de uso de suelo (huertas de aguacate)
- Aves migratorias los utilizan durante su migración



Matriz con baja resistencia

- Matriz heterogénea con prácticas de manejo menos agresivas para la dispersión de especies.
- Disminuyen el efecto de borde al no presentar límites tan abruptos con los parches de hábitat
- Muchos reptiles y aves utilizan los árboles dispersos para conectarse entre parches de recurso a sí no estén configurados como corredores.
- Mantienen mayor biodiversidad que sistemas convencionalmente homogéneos



Connected spaces for people and nature



Elementos artificiales
que promueven la
conectividad

Efectos negativos de la conectividad

- La conectividad en algunos casos puede llegar a ser negativa cuando el proceso que se beneficia de ella es la propagación de una plaga, una enfermedad o un incendio forestal o una especie invasora.



Importancia de la conectividad en la planificación del paisaje y las áreas de conservación

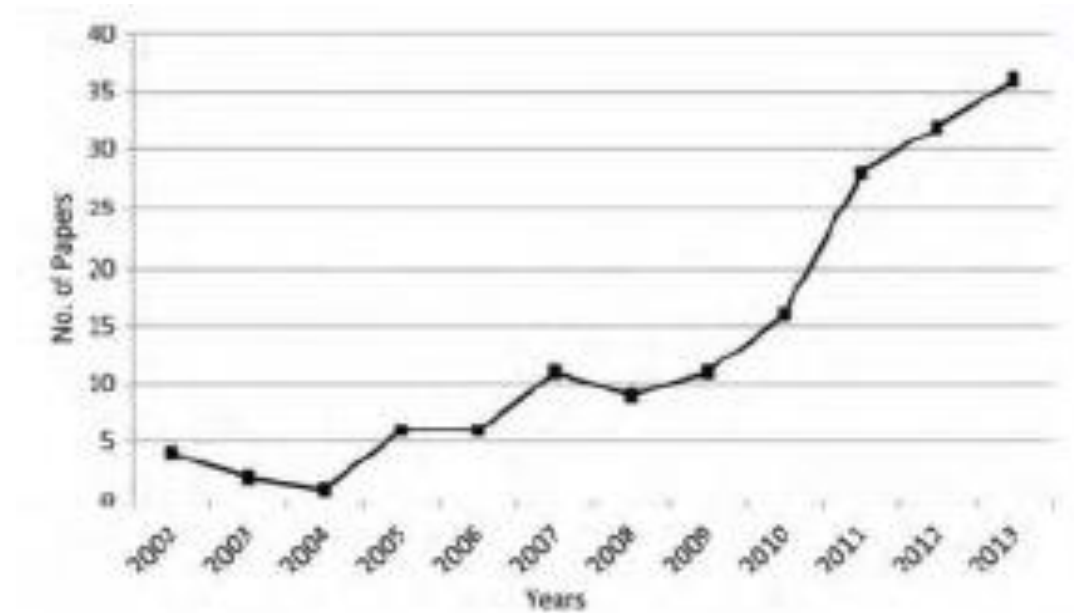


Figure 1. Number of articles published by year.

Métodos para el estudio de la conectividad

SAURA DEFINE TRES ENFOQUES PARA
EL ESTUDIO DE LA CONECTIVIDAD

ÍNDICES ESPACIALES (ESTRUCTURA)

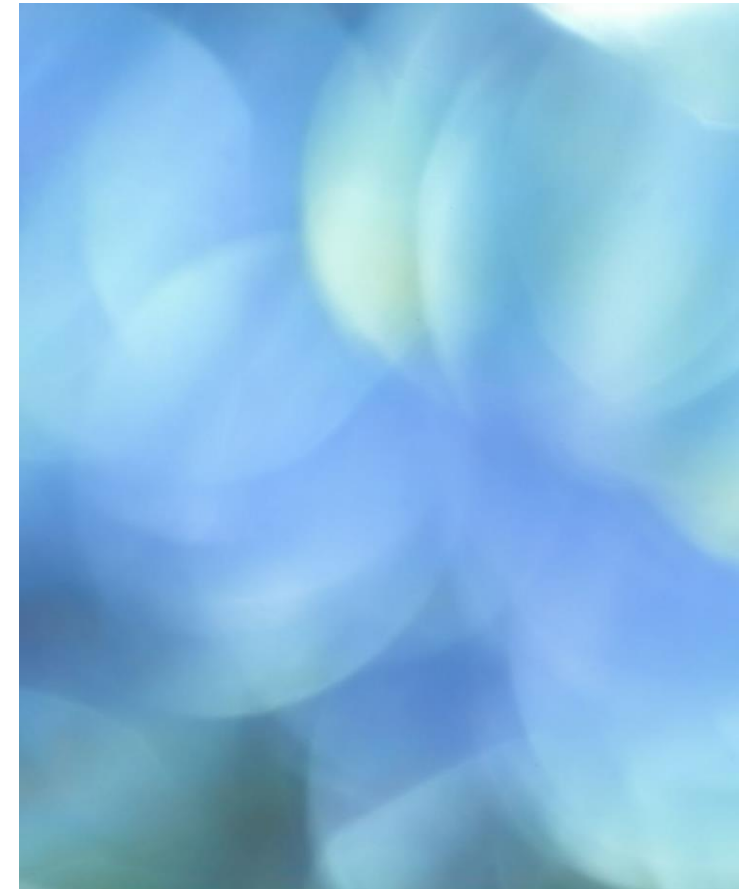
TEORÍA DE GRÁFICOS O GRAFOS

ANÁLISIS DE MÍNIMO COSTO
(ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL)

MODELOS DE META POBLACIONES
(FUNCIONAL)

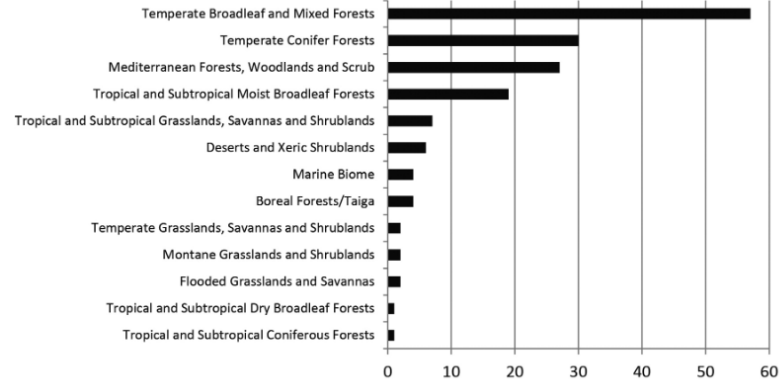
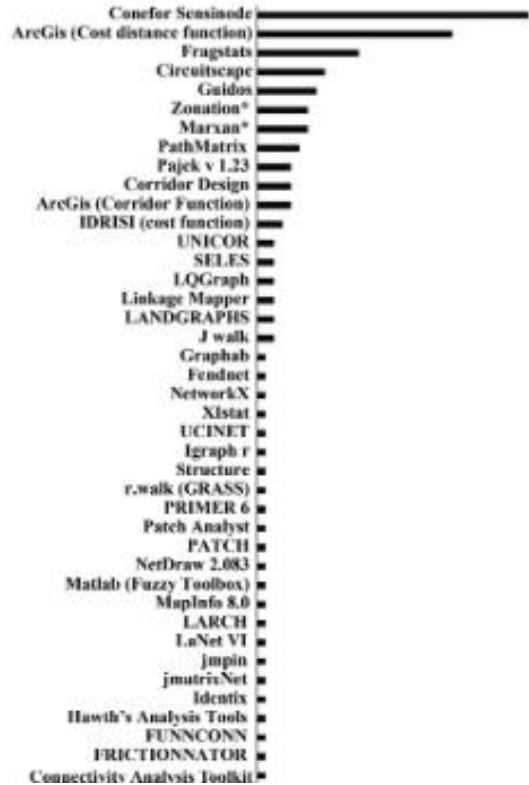
MÁS O MENOS RECIENTE LA
PROPUESTA DE

LA TEORÍA CIRCUITOS (FUNCIONAL)

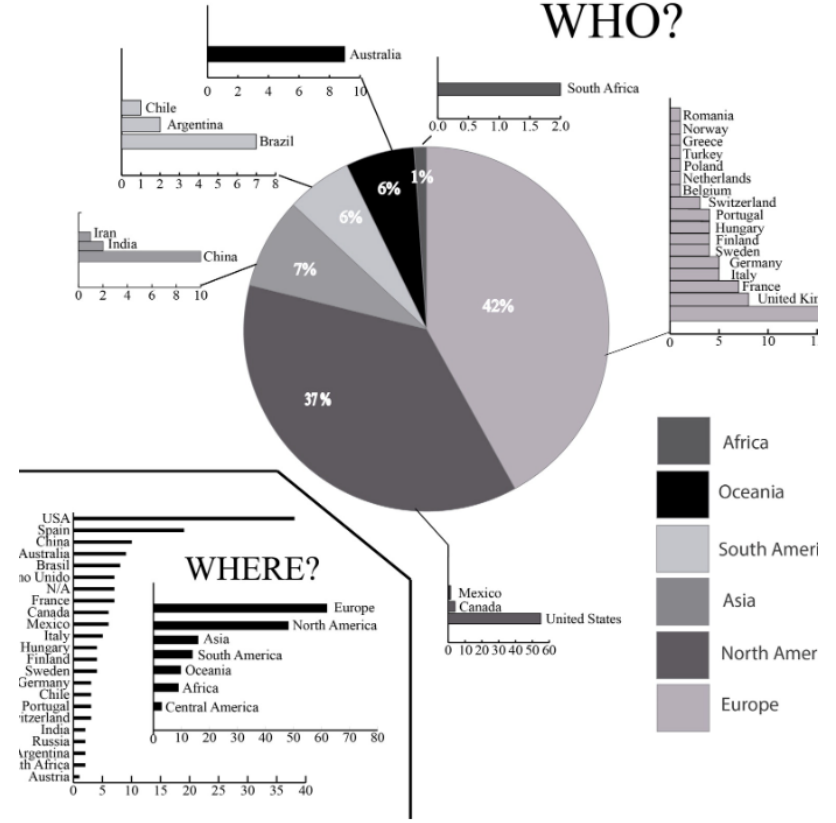


Correa et al. 2015; Leija et al. 2021

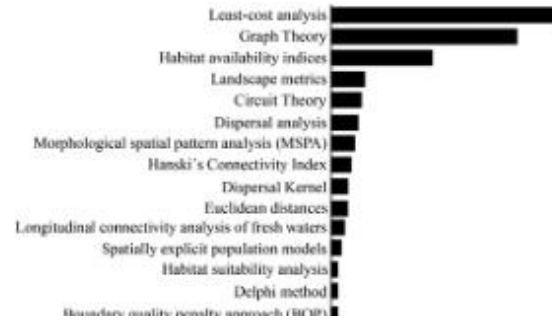
WHAT TOOLS ARE USED FOR CONNECTIVITY ANALYSIS?



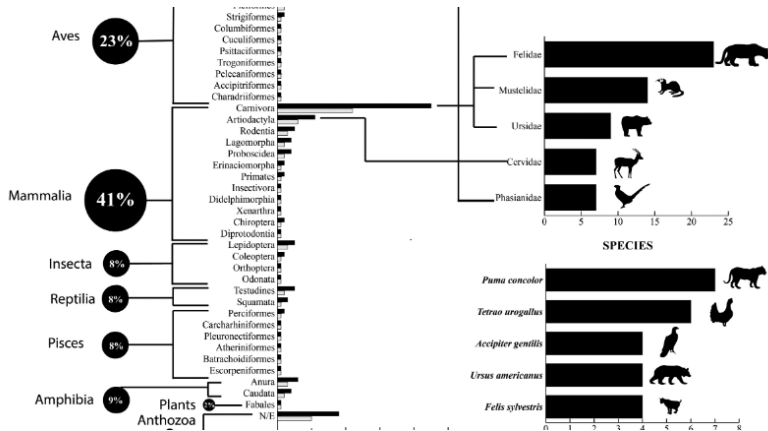
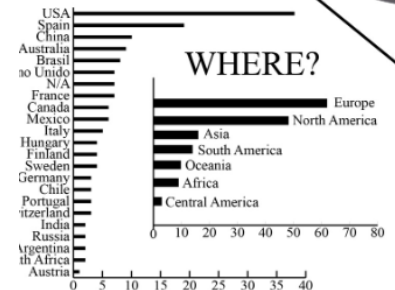
WHO?



HOW CONNECTIVITY IS MEASURED?



WHERE?



Contexto mundial

Correa et al 2015;2016;Leija et al. 2021

Enfoque de la teoría de gráficos o grafos para el análisis de la conectividad.



Los grafos son estructuras matemáticas compuestas por un conjunto de nodos y enlaces (que conectan pares de nodos) especialmente adecuadas para realizar análisis de conectividad en distintos tipos de redes.



Los grafos caracterizan el paisaje de una manera espacialmente explícita, permitiendo evaluar la importancia de los elementos individuales para el mantenimiento o fomento de la conectividad del paisaje en su conjunto, por lo han sido utilizados para orientar los planes de ordenamiento y conservación.

Graphs and landscape connectivity

Landscape ecology

Landscape / study area →

Habitat patch (or other) →

Functional connection →

Connected region →

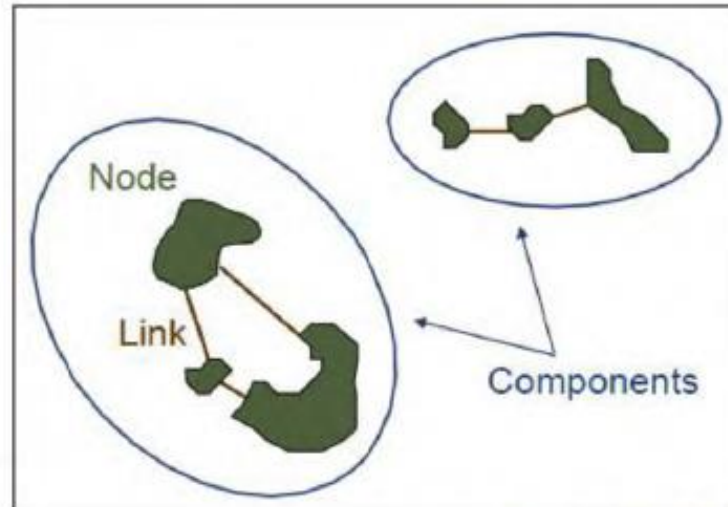
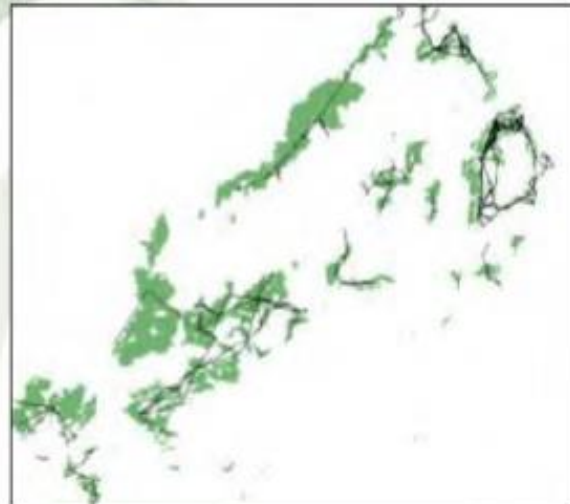
Graph theory

Graph

Node

Link

Component



Ventajas de analizar el paisaje con la teoría de grafos

Apartir de un grupo de parches (nodos) con conexiones (enlaces). Fácil interpretación de resultados y visuales

Trabaja con datos reales

Es posible analizar la conectividad con diferentes tipos y grados de de detalle en la información.

Un método robusto: amplio desarrollo de métodos basados en grafos para analizar en diferentes diciplinas

Provee apoyo a la toma de decisiones espacialmente explícita en cuanto a la conservación y planificación del paisaje

Índices de conectividad basados en teoría de gráfos.

- Índice integral de conectividad (IIC) y probabilidad de conectividad (PC) considera la disponibilidad del hábitat siendo convenientes para los análisis de conservación y priorización de áreas importantes para la conectividad del paisaje.

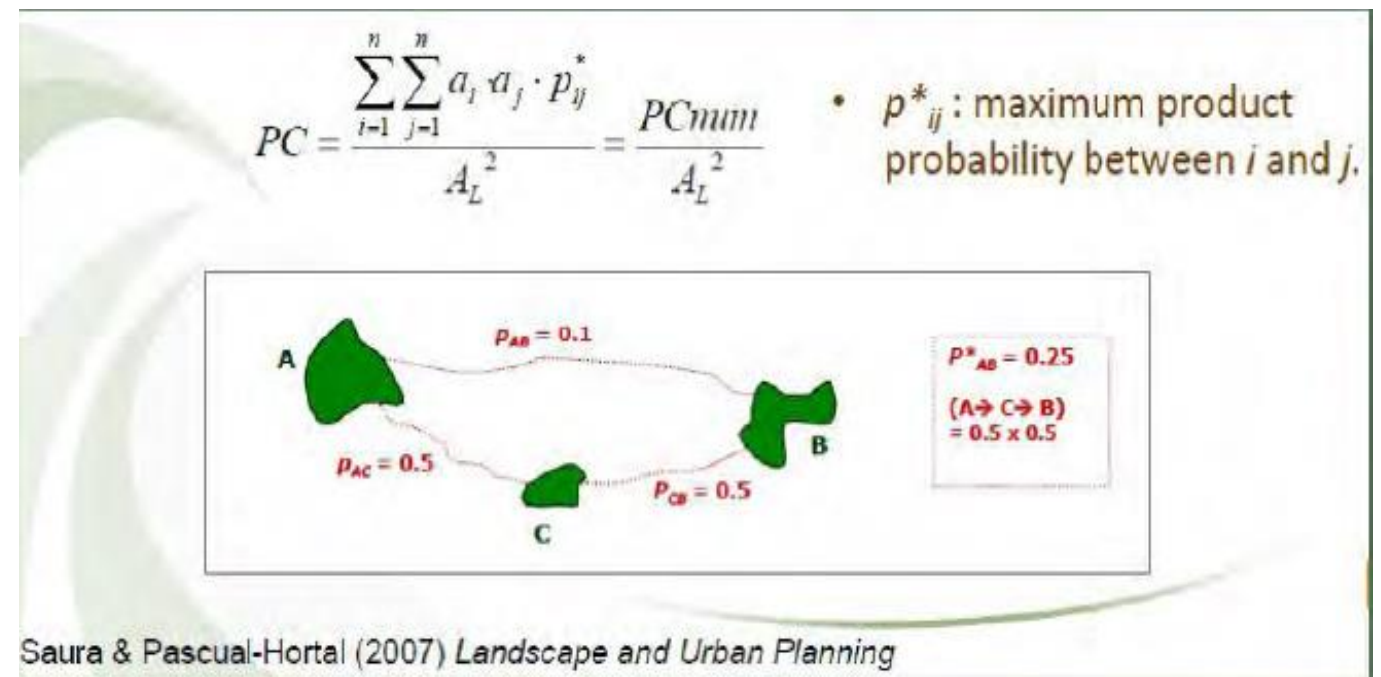
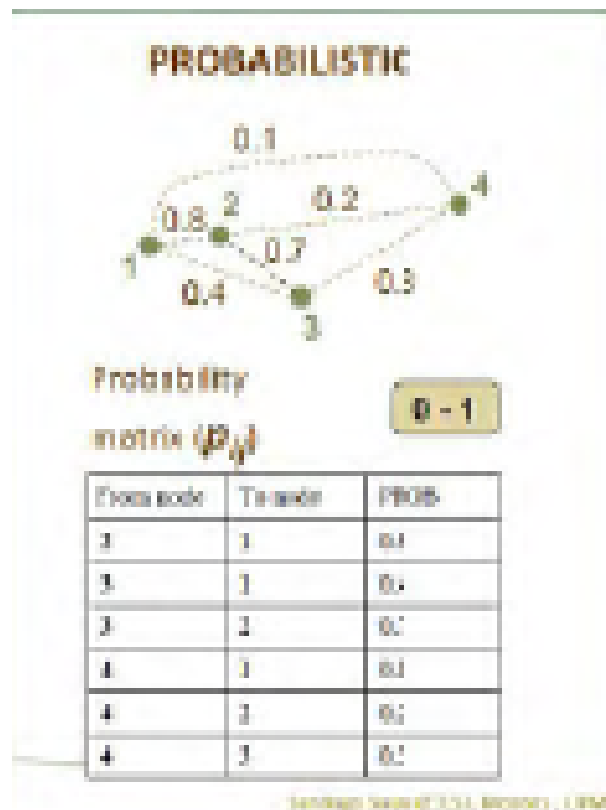
Índice Integral de la Conectividad (IIC)

- Donde a_i es el área de cada parche de hábitat y n_{lij} es el número de enlaces en la ruta más corta (distancia topológica) entre parches ij .
- Se considera un índice de disponibilidad del hábitat, cuando se utiliza el área como atributo de entrada y se considera un índice de conectividad funcional si se utilizan distancias de costos en lugar de distancias euclidianas.
- Es un índice que va de 0 a 1 donde 1 es un escenario de un paisaje completamente conectado y 0 un paisaje desconectado.

$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j / (1 + n_{lij})}{A_L^2}$$

Índice de probabilidad de conectividad

- El índice IP se define como la probabilidad de que dos puntos ubicados al azar dentro del paisaje queden situados en una zona de hábitat interconectadas entre sí.



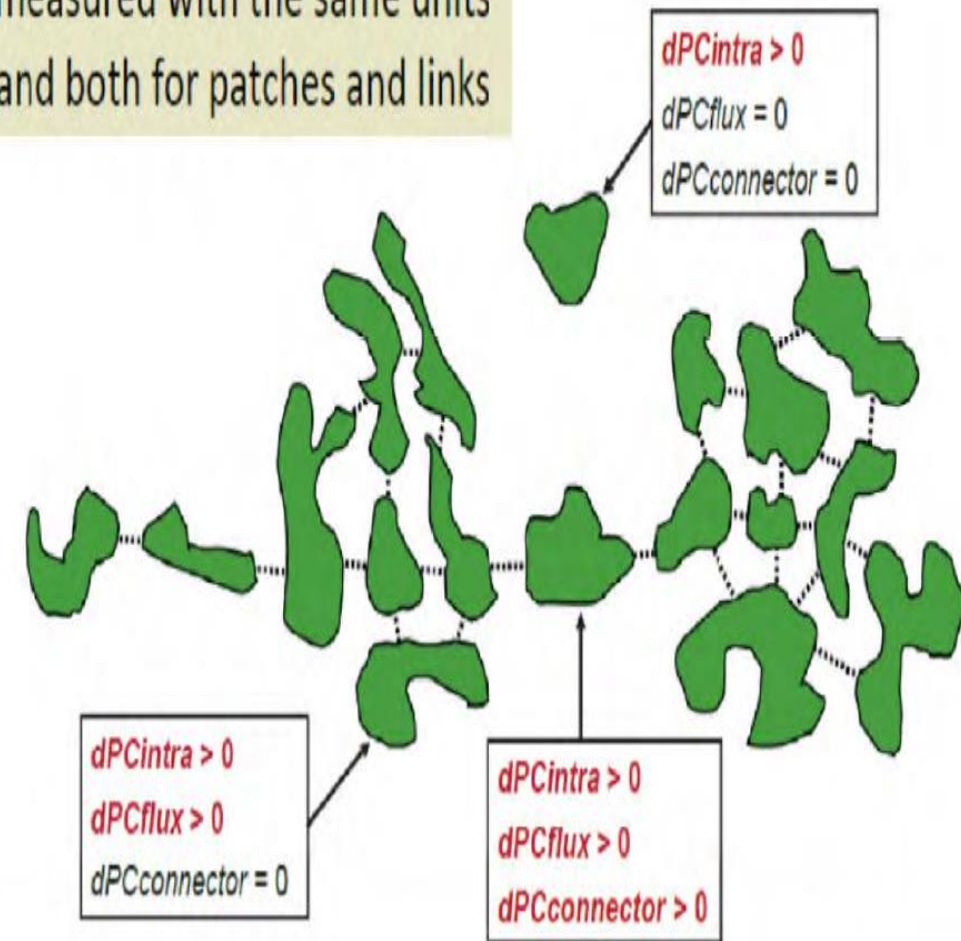
Partitioning habitat availability metrics in three different fractions (*dIIC* or *dPC*)

$$dPC_k = dPC_{intra_k} + dPC_{flux_k} + dPC_{connector_k}$$

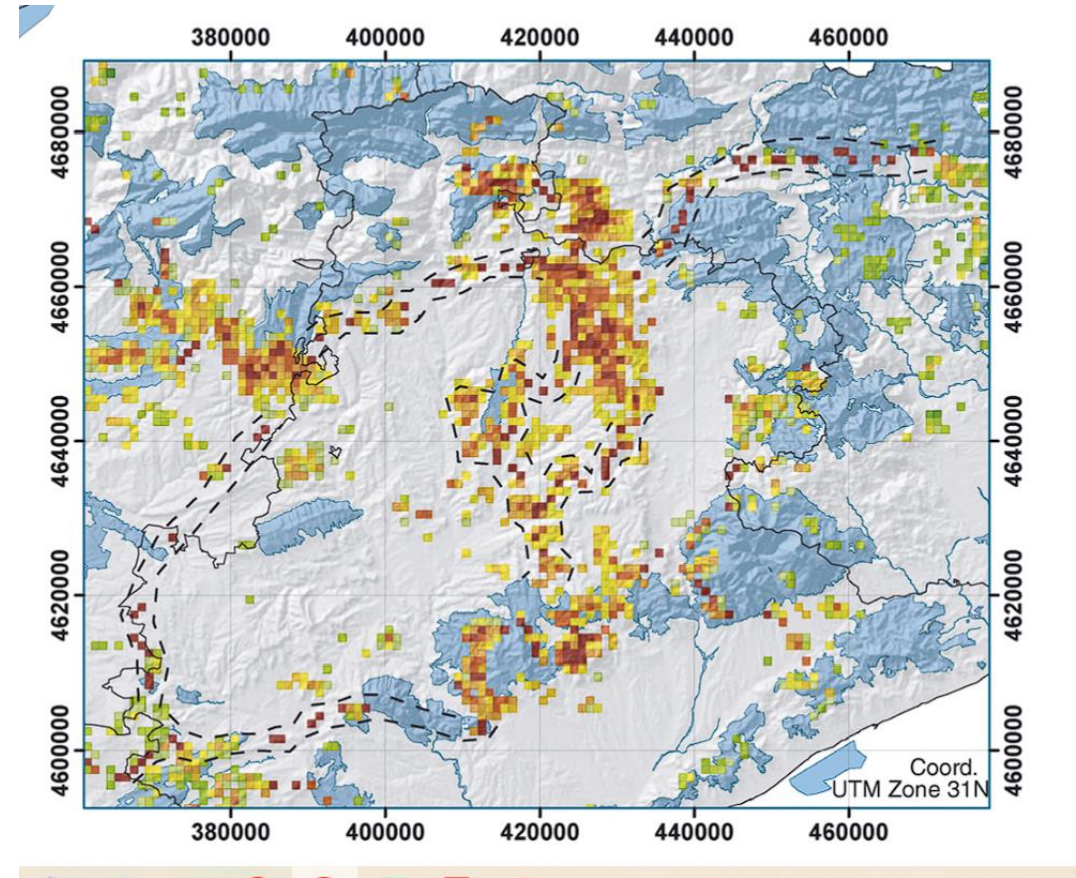
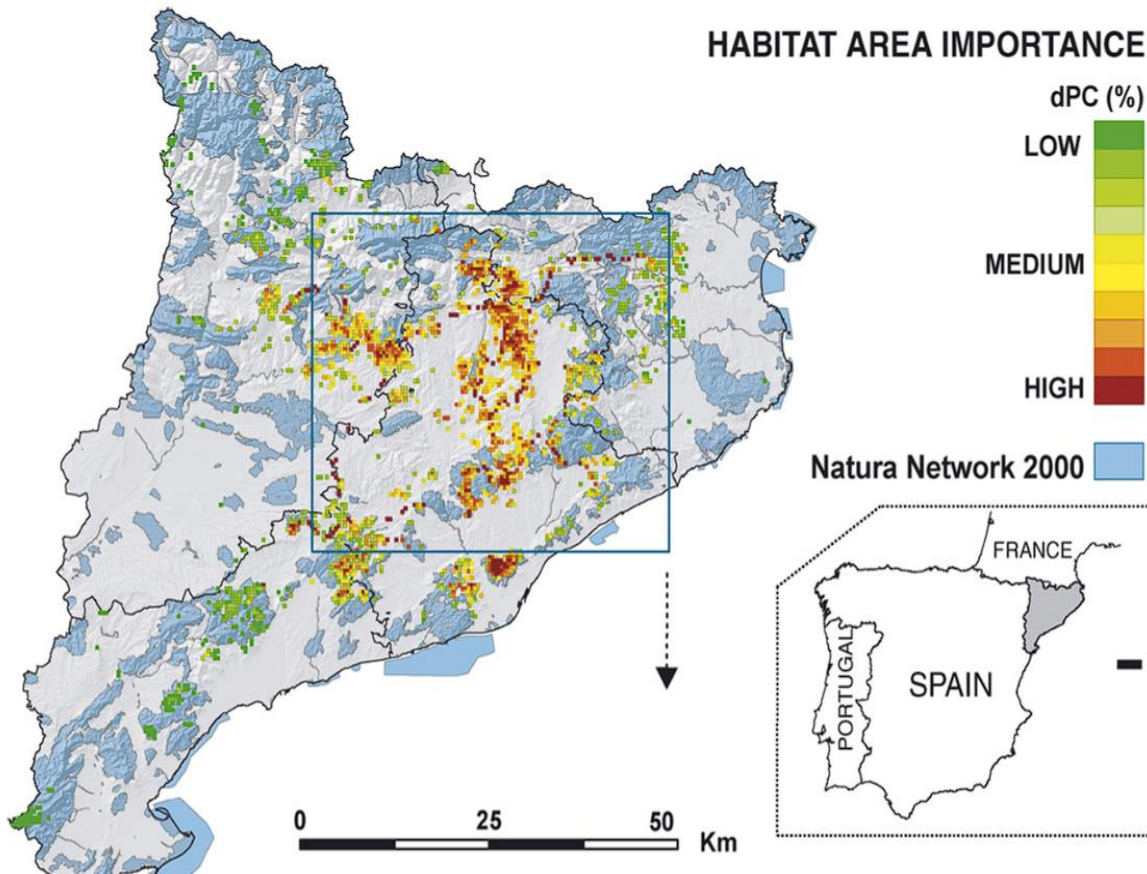
Fraction	Definition / contribution	Topology?	Patch area or quality?
<i>dPCintra</i>	Available habitat area provided by patch <i>k</i> itself through the area it comprises (<u>intrapatch connectivity</u>)	No	Yes
<i>dPCflux</i>	<u>Flux</u> of the connections of patch <i>k</i> with all the other patches when <i>k</i> is either the starting or ending node.	Yes	Yes
<i>dPCconnector</i>	Contribution of <i>k</i> to the connectivity between <u>other</u> patches, as <u>connecting element / stepping stone</u> . Only if <i>k</i> is in optimal path between them. Depends on alternative paths after losing <i>k</i> .	Yes (patches & links)	No

Three different roles / fractions measured with the same units and both for patches and links

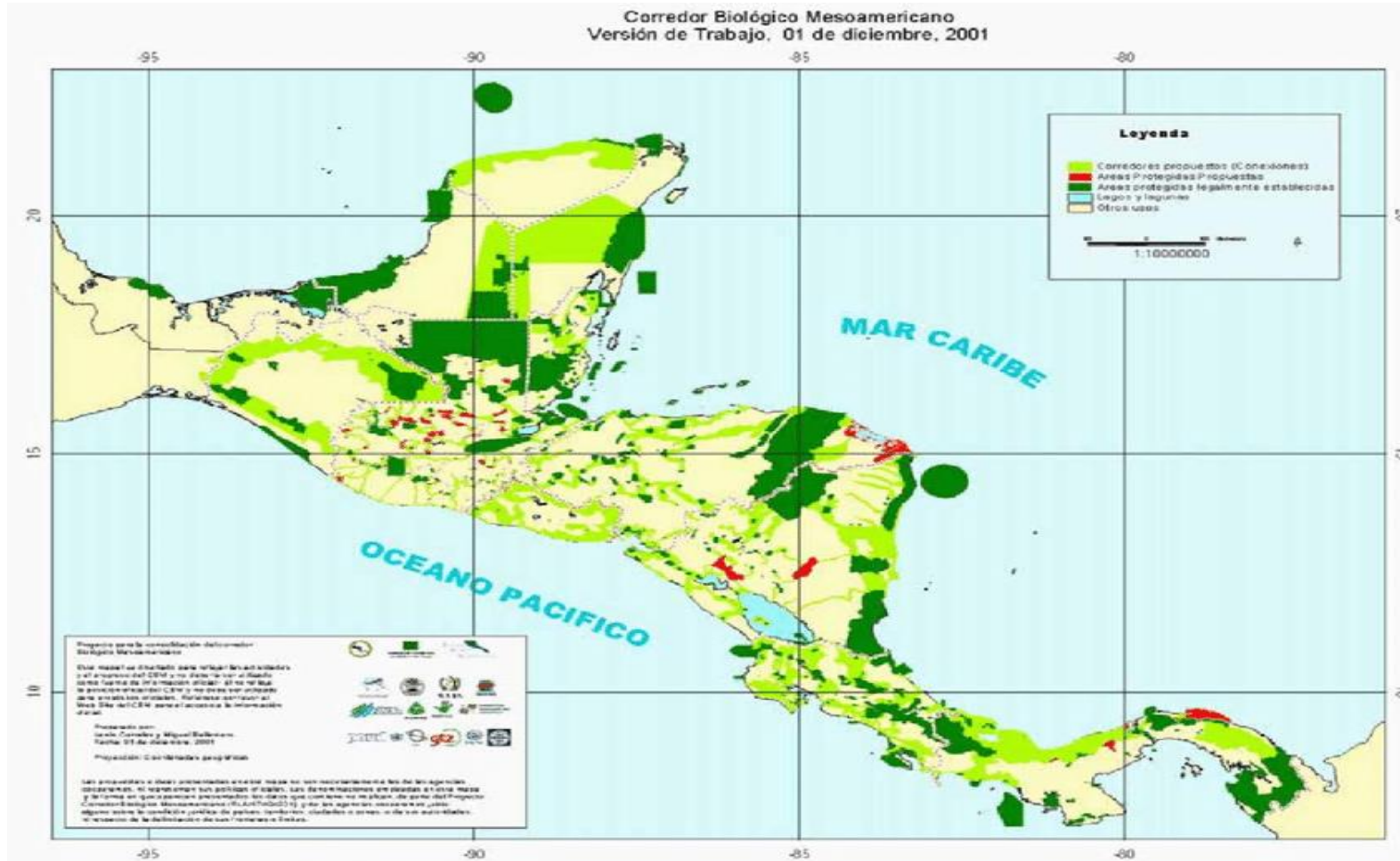
$$dPC_k = dPC_{intra_k} + dPC_{flux_k} + dPC_{connector_k}$$



Ejemplos de conectividad

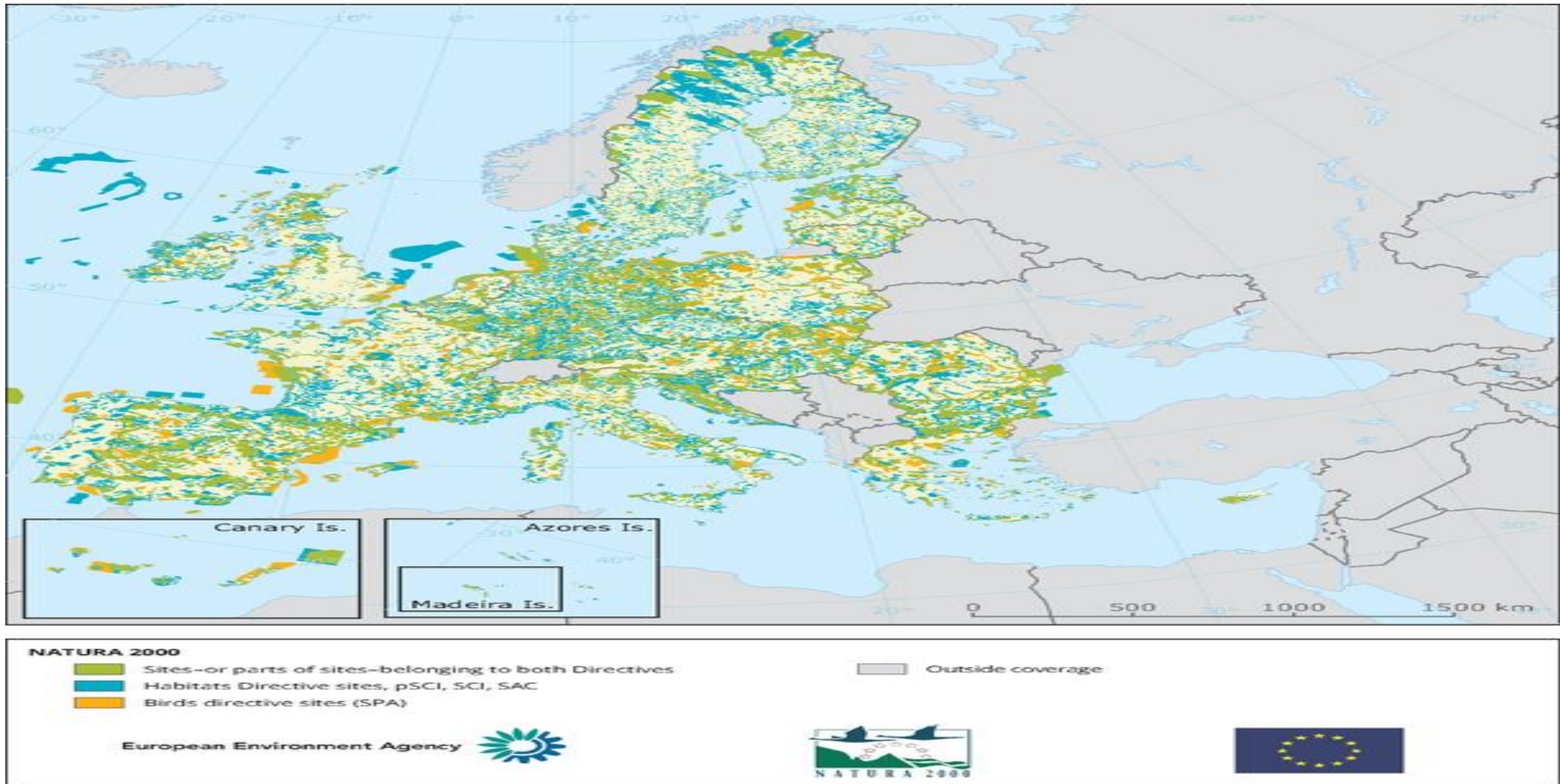


Corredor Biológico Mesoamericano

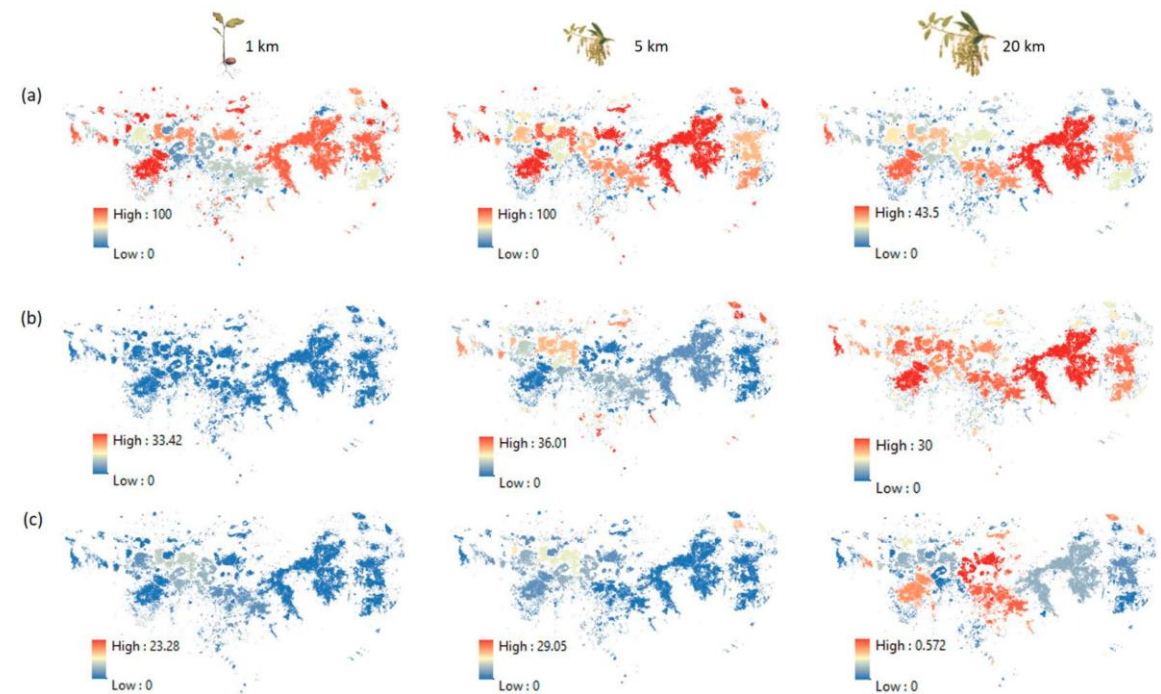
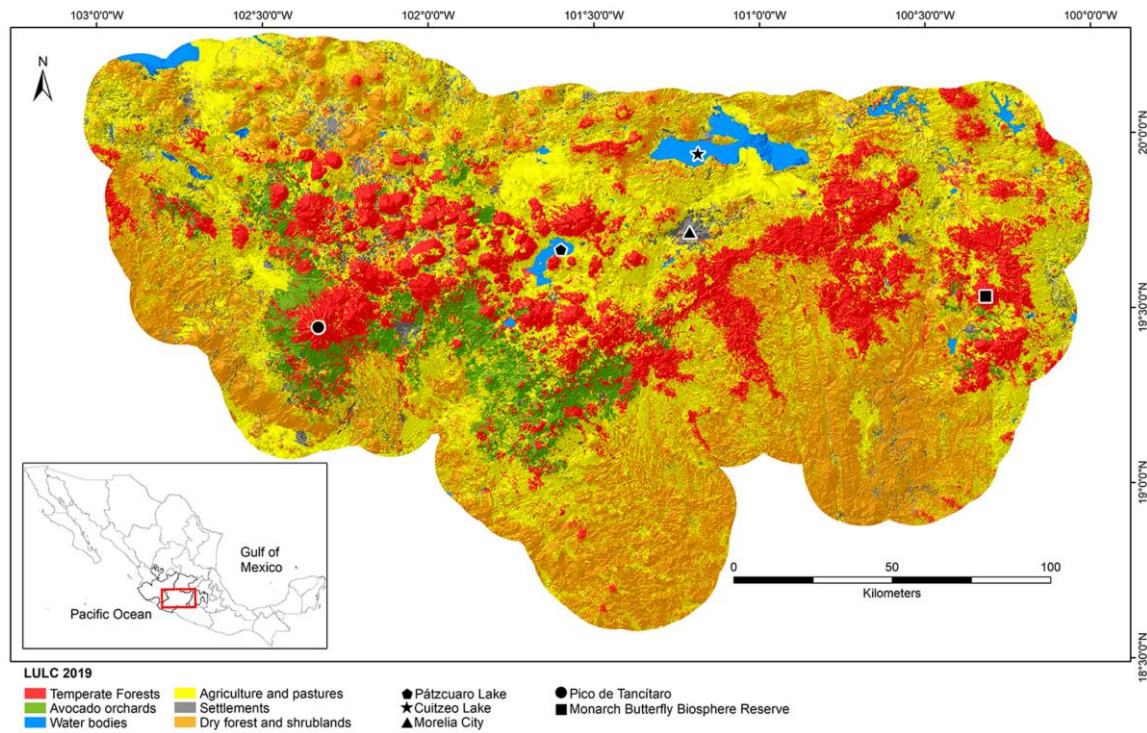


CoBioRed (Red de Corredores Biológicos de América Latina y el Caribe.)

Su finalidad es asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los tipos de hábitat en Europa, contribuyendo a detener la pérdida de biodiversidad. **Red Natura 2000.**



- Mapa de los bosques templados en la faja Volcánica Transmexicana y los resultados obtenidos con el índice integral de conectividad. dIICintra (a), dIICflux(b) y dIICconnector(c) .
- (*Latorre-Cárdenas et al. 2023*)



El modelaje de nicho es una herramienta utilizada para delimitar zonas con condiciones favorables para la presencia de la especie a partir de datos de presencia y variables ambientales.

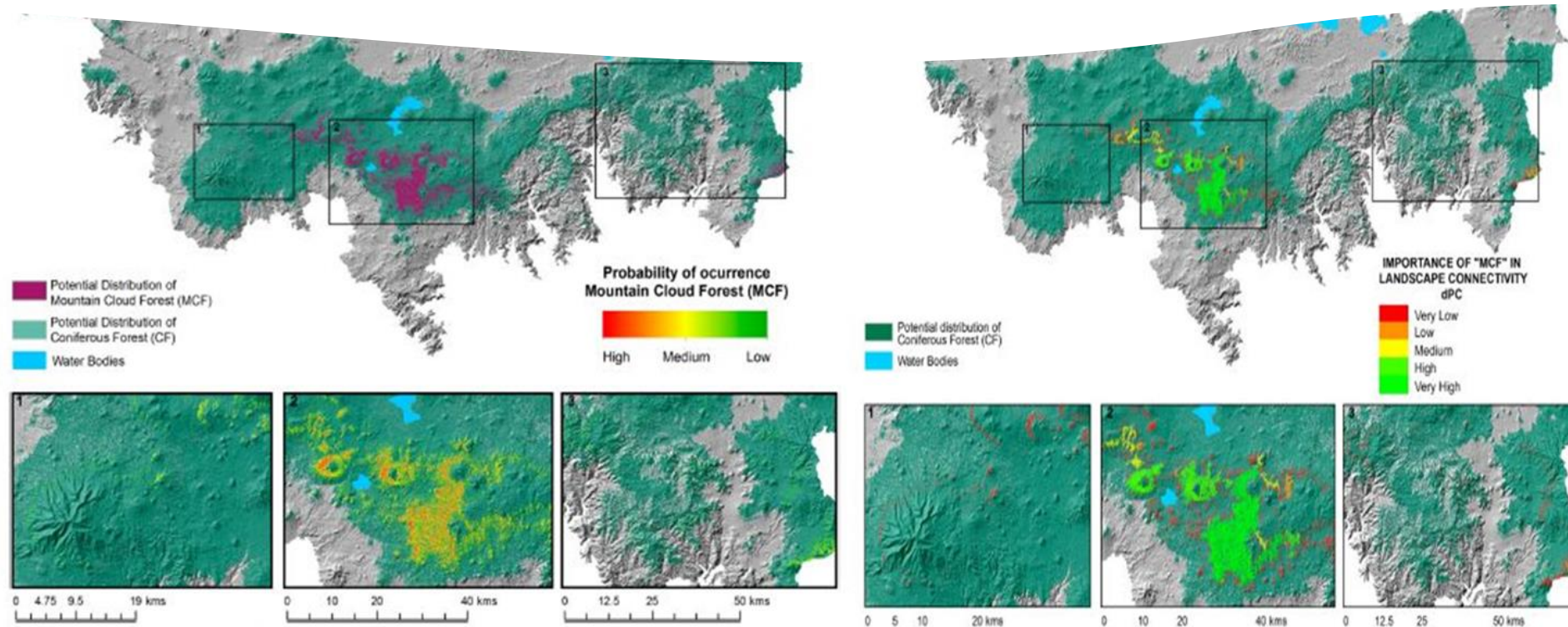


Fig. 2 Map of the potential distribution of the MCF and the CF in the TVS_{Mex} and the three principal sectors in connectivity evaluation. Sector 1 (west) corresponds to the mountain Tancitaro and part of the municipalities of Uruapan and San Juan Parangaricutiro. Sector 2

(center) is located in the area near Lake Zirahuén and south of Lake Patzcuaro. Sector 3 (east) is in the rural areas in the municipalities of Zitácuaro and Hidalgo

Fig. 4 Distribution of the importance of potential MCF areas in general landscape connectivity based on dPC