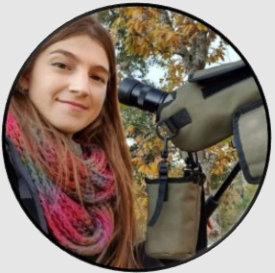


Explorando la utilidad del índice bivariado de Lee para analizar relaciones espaciales



Sonia Illanas, Joaquín Vicente y Pelayo Acevedo

Instituto de Investigación en Recursos Cinegéticos (IREC-CSIC-UCLM-JCLM).
Ciudad Real (España)



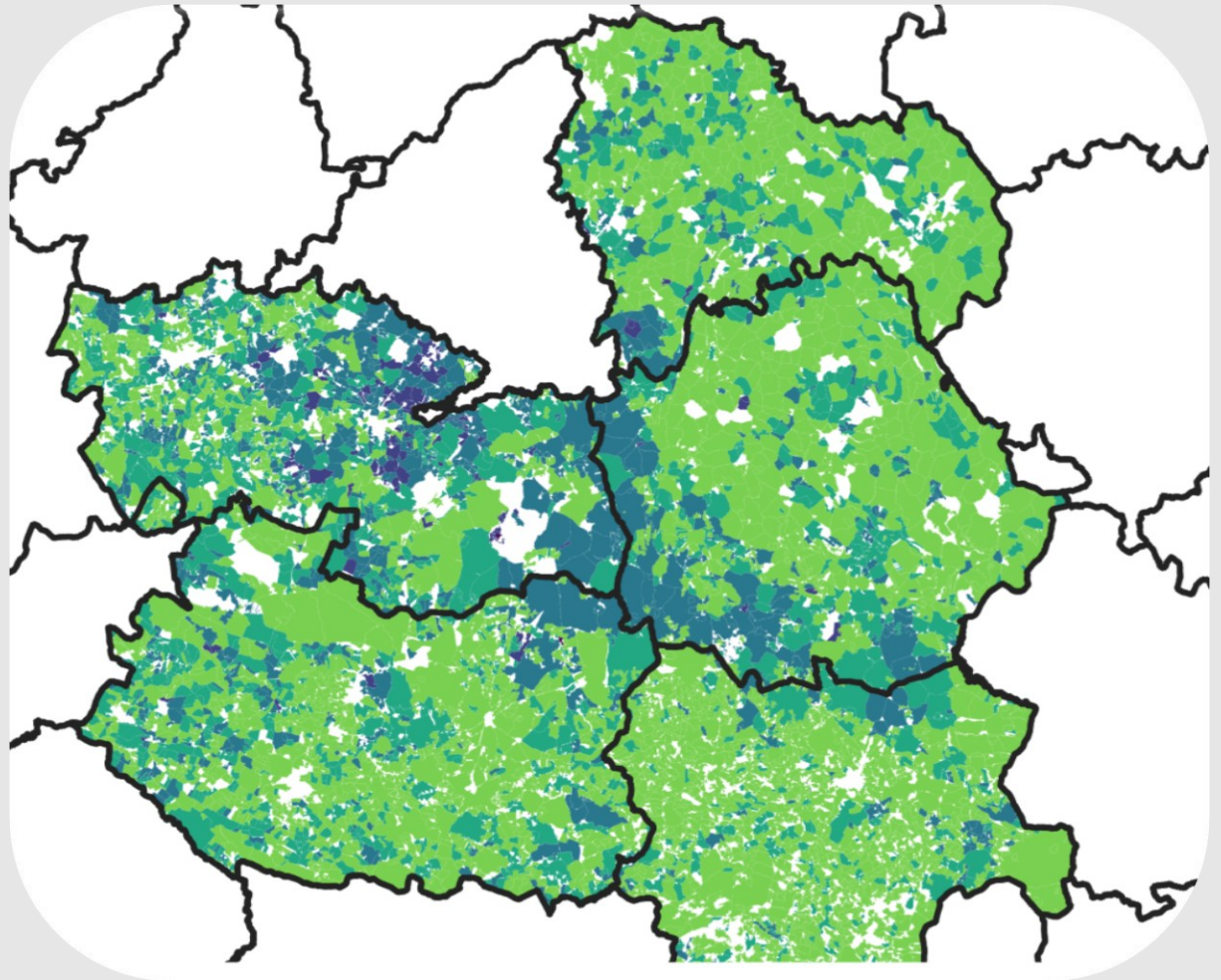
sonia.illanas@uclm.es



[@sonia.illanas](https://twitter.com/sonia.illanas)



<https://github.com/robinilla>



CSIC

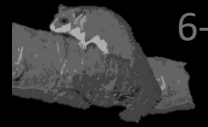
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



**Universidad de
Castilla-La Mancha**



Castilla-La Mancha



Interacción entre especies

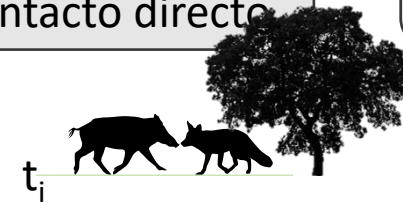
Disponibilidad de información de mayor calidad (mayor resolución espacial y temporal).



Permite conocer la relación entre dos patrones de variables.

Que en el caso de interacciones de vida silvestre

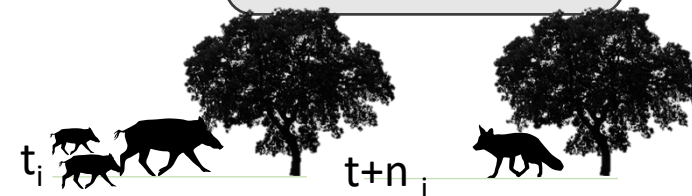
Existe el contacto directo.



Estudios detallados de interacción.

Quintero, Rodríguez-Sánchez y Jordano, 2023 (Ecology Letters)

No existe el contacto directo.



Co-ocupación/co-abundancia

Mackenzie et al., 2004 (Journal of Animal Ecology)

Distintas metodologías:

- Efecto de pres/aus de una especie sobre otra: JSDM, ocurrencia multiespecie, etc.

- Patrones de distribución/abundancia: solapamiento entre variables, valor + restrictivo en mod. de fav., PCAs, etc.

Agrupación de la información puede verse limitada por no tener en cuenta el entorno.

Pocos estudios han utilizado índices espaciales que tengan en cuenta la vecindad para estudiar la relación entre especies.



Índices espaciales

Siglo XX

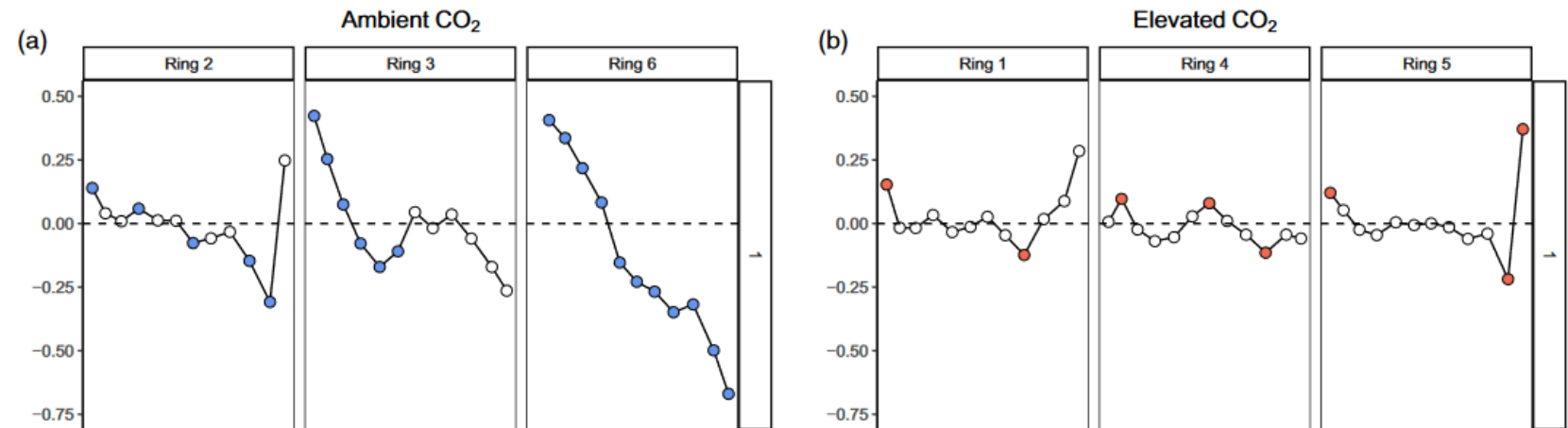
1

Coeficientes de autocorrelación espacial univariada.

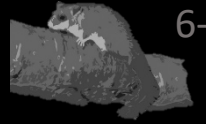
Indican si **una** variable se distribuye o no al azar.

- Distribuciones agregadas vs. distribuciones heterogéneas

Índice de Moran (I; 1950)
Índice de Geary (c; 1954)



*Sacado de Ochoa-Hueso et al., 2021
(Journal of Ecology)*



Índices espaciales

Siglo XX

1

Coeficientes de autocorrelación espacial univariada.

Indican si **una** variable se distribuye o no al azar.

- Distribuciones agregadas vs. distribuciones heterogéneas

Índice de Moran (I; 1950)
Índice de Geary (c; 1954)

2

Indicadores Locales de Asociación Espacial (LISA)

Indican **dónde** se produce el patrón espacial de **una** variable y cómo cada localización contribuye al índice global.

Índice de Getis y Ord (1992)

Siglo XXI

3

Índices bivariados

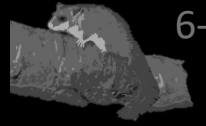
Tienen en cuenta cómo el patrón espacial de una variable influye en otra u otras.

Índice bivariado de Lee (2001)

4

Índices multivariados

Anselin (2019)



Índice bivariado de Lee

$$L_{X,Y} = \frac{\sum_i [(\sum_j w_{ij}(x_j - \bar{x}))(\sum_j w_{ij}(y_j - \bar{y}))]}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

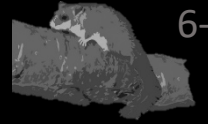
Lee 2001 (Journal of Geographical Systems)

$$L_i = \frac{(\sum_i (w_{ij})(x_j - \bar{x}))(\sum_i (w_{ij})(y_j - \bar{y}))}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

1. Basado en la correlación de Pearson y el índice de Moran (I).
2. Capaz de diferenciar entre similitudes y disimilitudes espaciales.
3. Parametriza la relación entre dos variables en una determinada localización y sus alrededores.

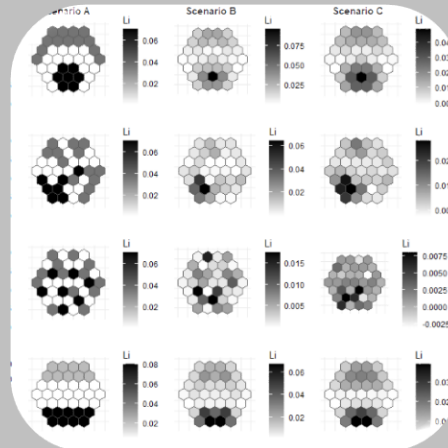
4. Se puede descomponer en una medida local (L_i):
captura la asociación entre una observación y sus vecinos en términos de asociación punto a punto entre las variables.

$$L_{X,Y} = \sum_i L_i$$

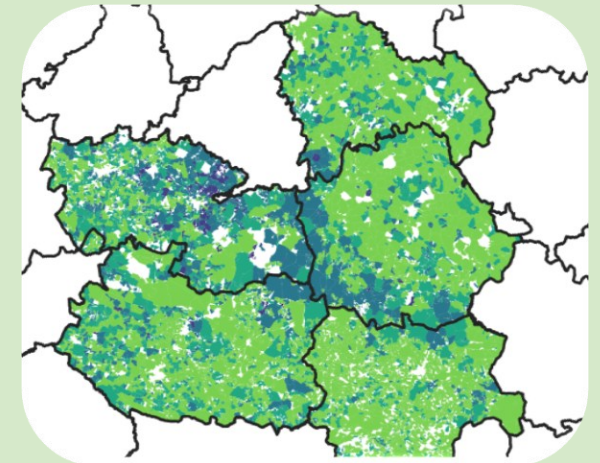


Objetivos

1. Investigar la importancia de considerar el efecto de los vecinos en el índice bivariado de Lee,
2. Explorar con datos reales cómo se comporta el índice bivariado de Lee.



Caso simulado

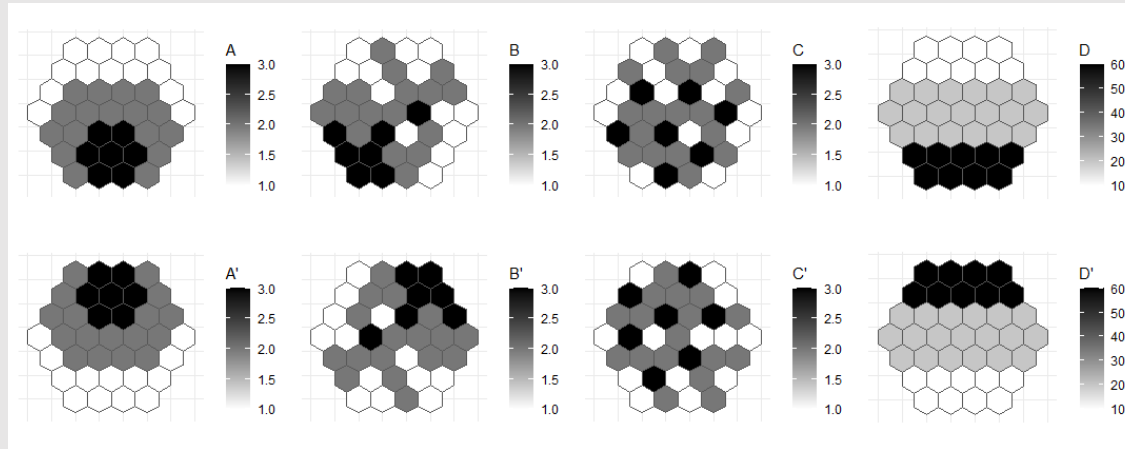


Caso de estudio

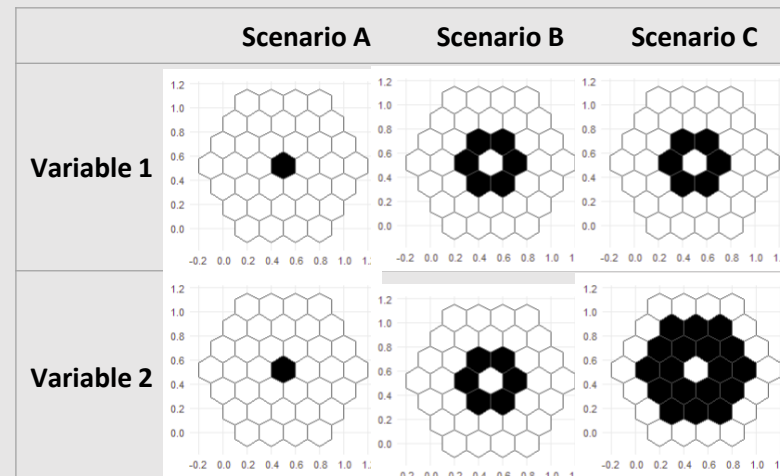
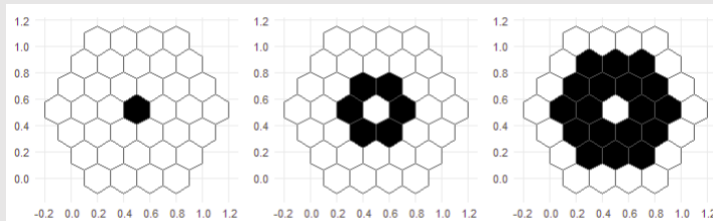


Caso simulado

Variables utilizadas por Lee (2001) y variable D



Matrices de conectividad



spdep
1.2-8

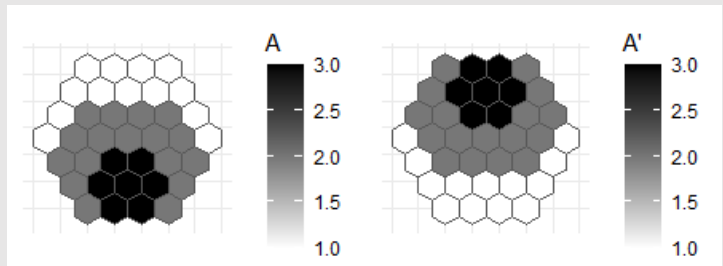
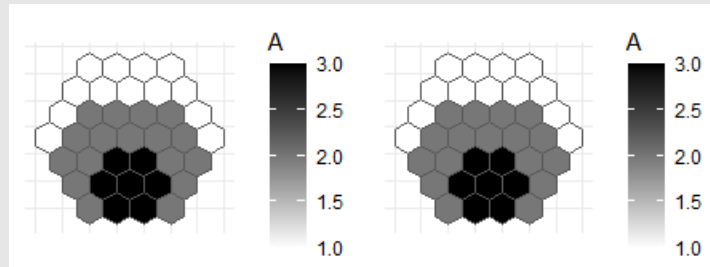
*Bivand et al. 2022,
Bivand & Wong, 2018
Bivand et al 2013*



Modificación
funciones lee() &
lee.mc()

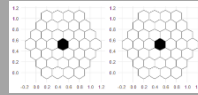
Caso simulado

Variables



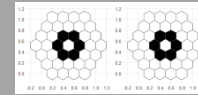
Escenario A	
L_{A-A}	1
$L_{A-A'}$	-0.472

Escenario A



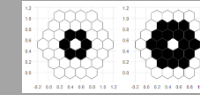
Escenario B	
L_{A-A}	0.633
$L_{A-A'}$	-0.529

Escenario B

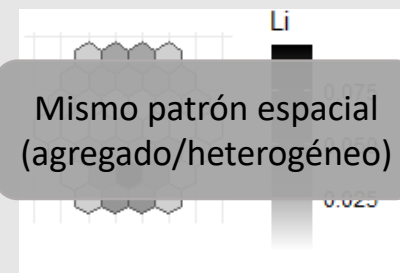
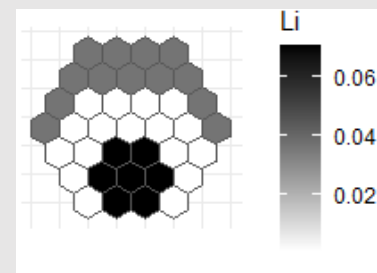
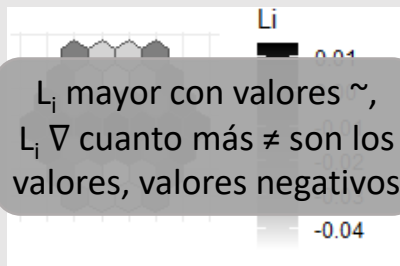
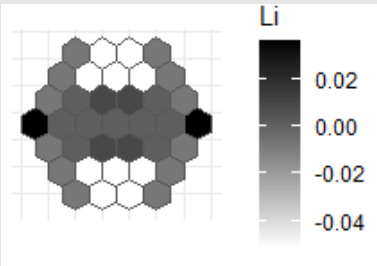
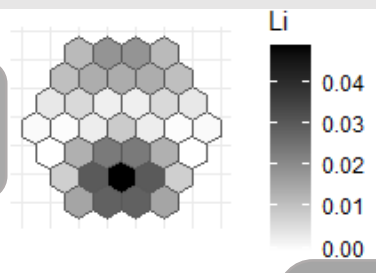
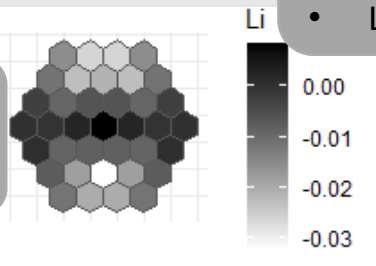


Escenario C	
L_{A-A}	0.443
$L_{A-A'}$	-0.371

Escenario C



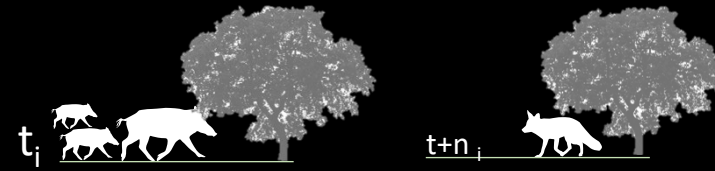
R

spde
p
1.2-8Modificación
funciones lee()
& lee.mc()Mismo patrón espacial
(agregado/heterogéneo) L_i mayor con valores ~,
 $L_i \nabla$ cuanto más $\neq$ son los
valores, valores negativos

- $L_i \sim 0$: valores próximos a la media, en ambas variables
- $L_i +$: AltoAlto o BajoBajo
- $L_i -$: Alto Bajo o Bajo Alto



Caso de estudio



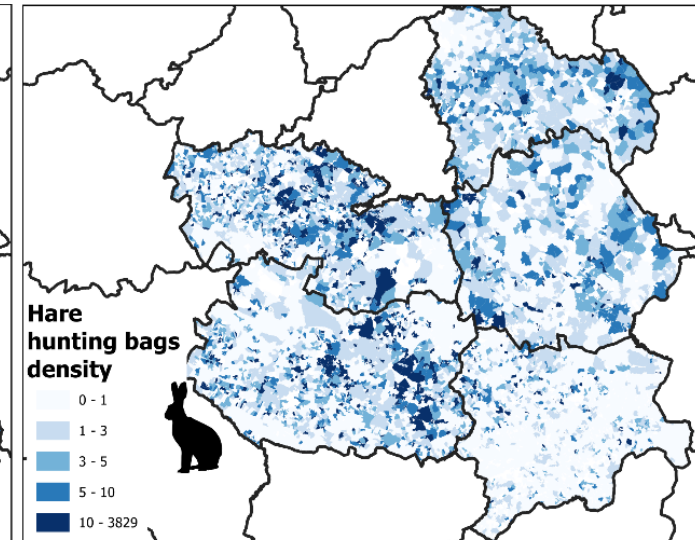
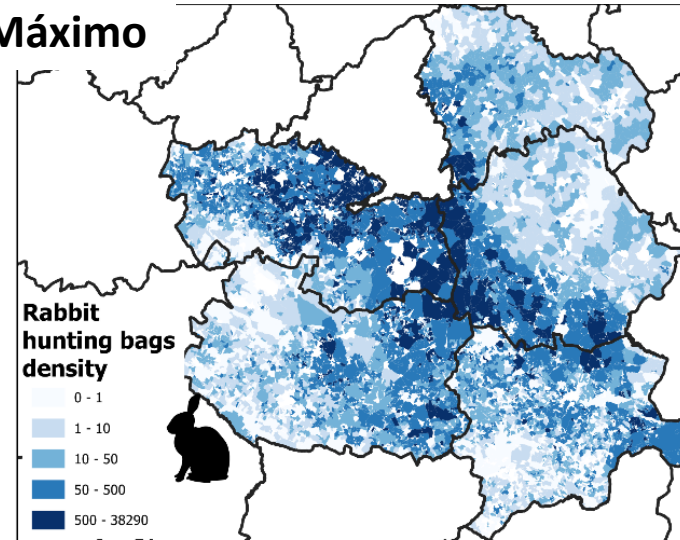
Datos



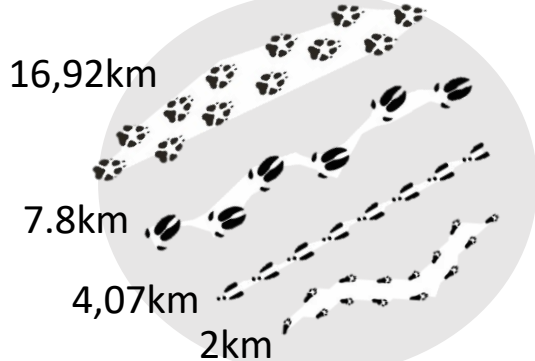
Periodo



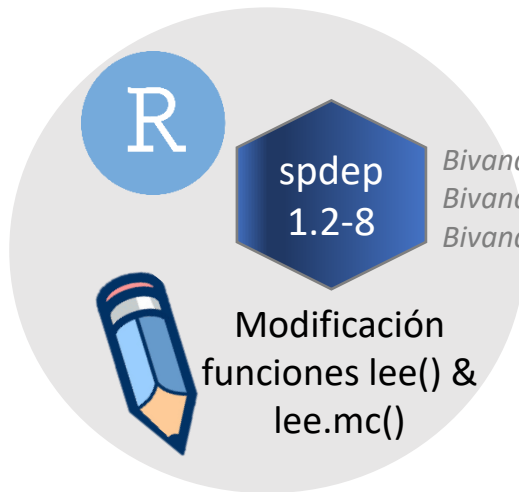
Máximo



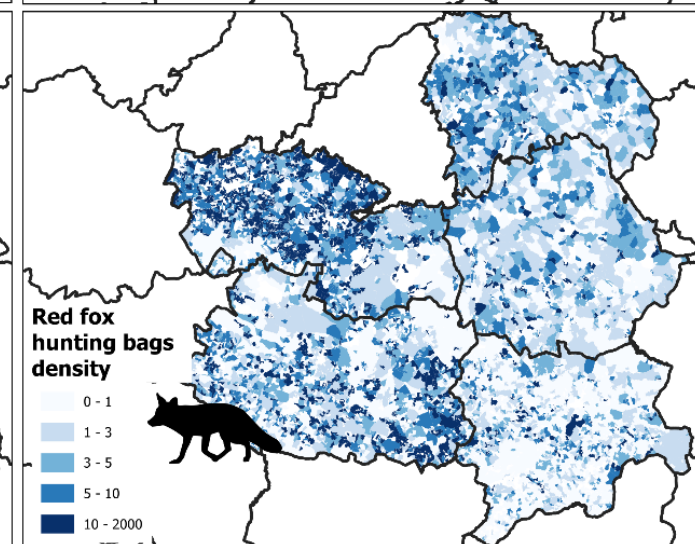
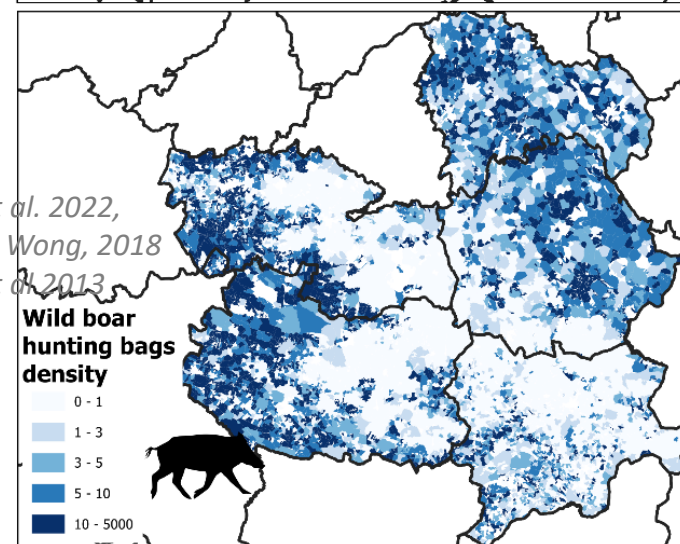
Distancia movimiento



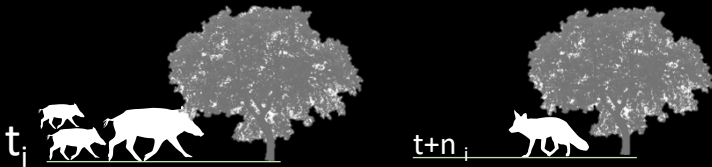
Sacado de Palencia et al., 2023
(Journal of Wildlife Management)



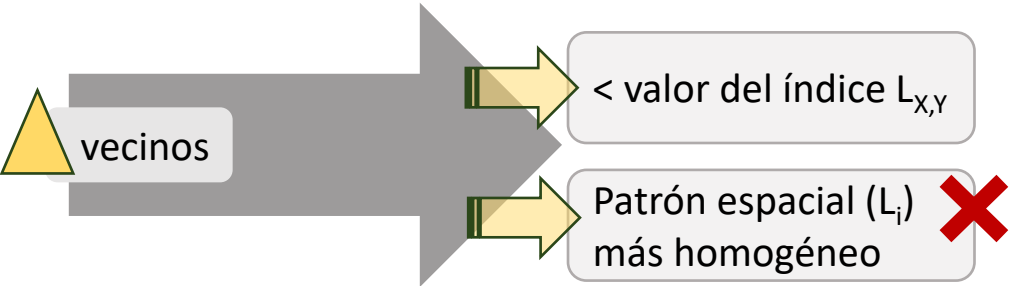
Bivand et al. 2022,
Bivand & Wong, 2018
Bivand et al. 2013



Valores del índice de Lee



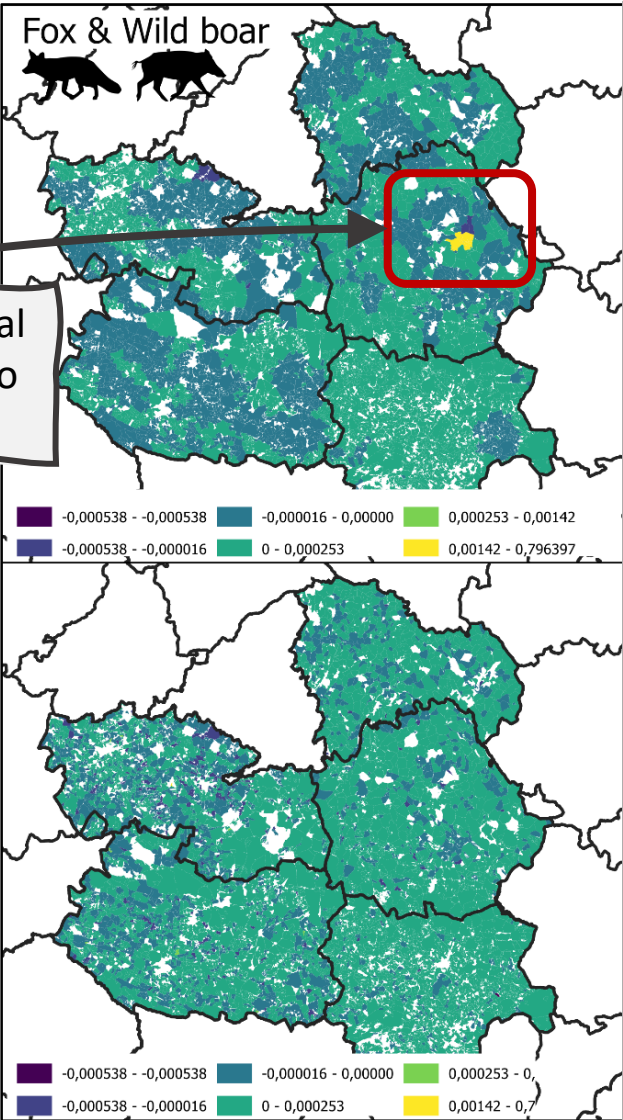
	Simple solapamiento	$L_{x,y}$ Con distancia de desplazamiento
Hare - WB	0.926	0.115
Rabbit - WB	0.063	-0.001
Fox - Rabbit	0.220	0.027
Fox - Hare	0.808	0.030
Hare - Rabbit	0.140	0.034
Fox - WB	0.823	0.029



Distinción de patrones locales ($L_i > 0$ y $L_i < 0$)

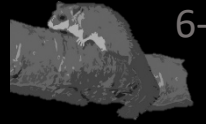
Señalización espacial de casos raros/poco comunes.

La distancia de desplazamiento parece ser un **aspecto fundamental** y tiene un **gran impacto** en el valor de $L_{x,y}$.



Con distancia desplazamiento

Simple solapamiento



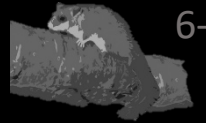
Puntos fuertes y débiles del índice bivariado de Lee

El índice bivariado $L_{x,y...}$

- permite definir distintas matrices de conectividad para cada una de las variables, lo cual otros índices espaciales no pueden (*g.e.* c de Geary).
- Permite considerar distintas escalas espaciales a las cual un proceso puede estar operando.
- es capaz de distinguir entre relación de similitud y disimilitud (*i.e.* alta-alta o baja-baja de alta-bajo o bajo-alta) teniendo en cuenta el entorno,

El valor del índice local (L_i) es relativo a cada caso de estudio.





Posibles efectos de las bolsas de caza en el índice bivariado de Lee

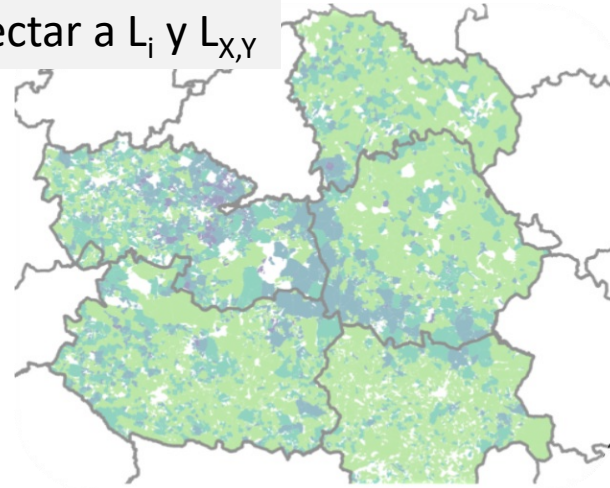


Datos

Bolsas de caza:

- Incompletas (con huecos),
- Origen del valor 0 no claro (NA, 0, erróneo).

Afectar a L_i y $L_{x,y}$



Para evitar/minimizar los problemas citados: máximo HB (MM)

1

Falta de registros

No existe ese coto

No existe su influencia sobre los vecinos.

Vecinos con mayor peso $w_{i,j}$

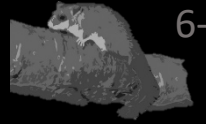
Valores $L_i \neq$

2

Valores 0

Generan otro tipo de problemas

Valores $L_i \neq$



Conclusiones



1. Valores del índice bivariado de Lee: dependiente de la matriz de conectividad.



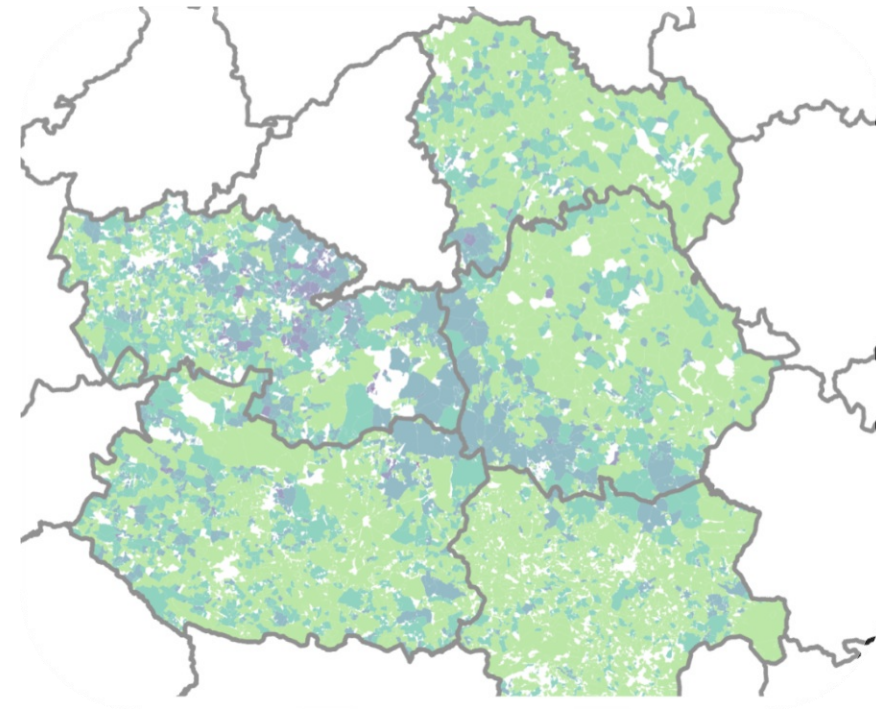
2. Es importante considerar la distancia de desplazamiento, según las especies de estudio, para la generación de dichas matrices.

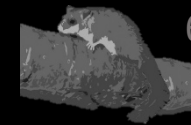
3. El índice bivariado de Lee permite tener en cuenta la vecindad en la agrupación de los valores de las variables.



4. Incluir la posibilidad de tener distintas matrices de conectividad en la función desarrollada en el paquete spdep 1.2-8.

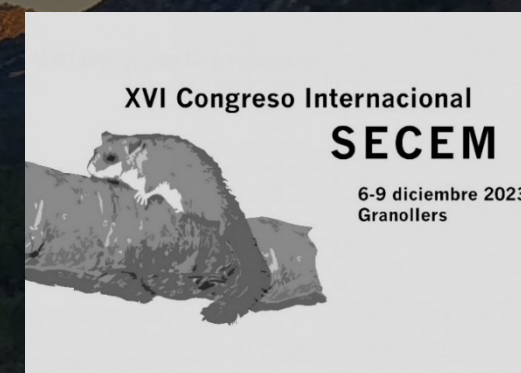
5. Incorpora la estructura espacial de ambas variables (a diferencia de modelos iCAR o autorregresivos). A partir de esta metodología se pueden generar variables independientes que tengan en cuenta la vecindad.





Este estudio ha sido posible gracias a:

1. La ayuda para contratos predoctorales para la formación de doctores 2020 (PRE2020-095091) asociada al Proyecto de I+D+i HAWIPO (PID2019-111699RB-I00).
2. La Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM) por la organización del congreso y permitir la difusión de los resultados.



¡Muchas gracias por vuestra atención!