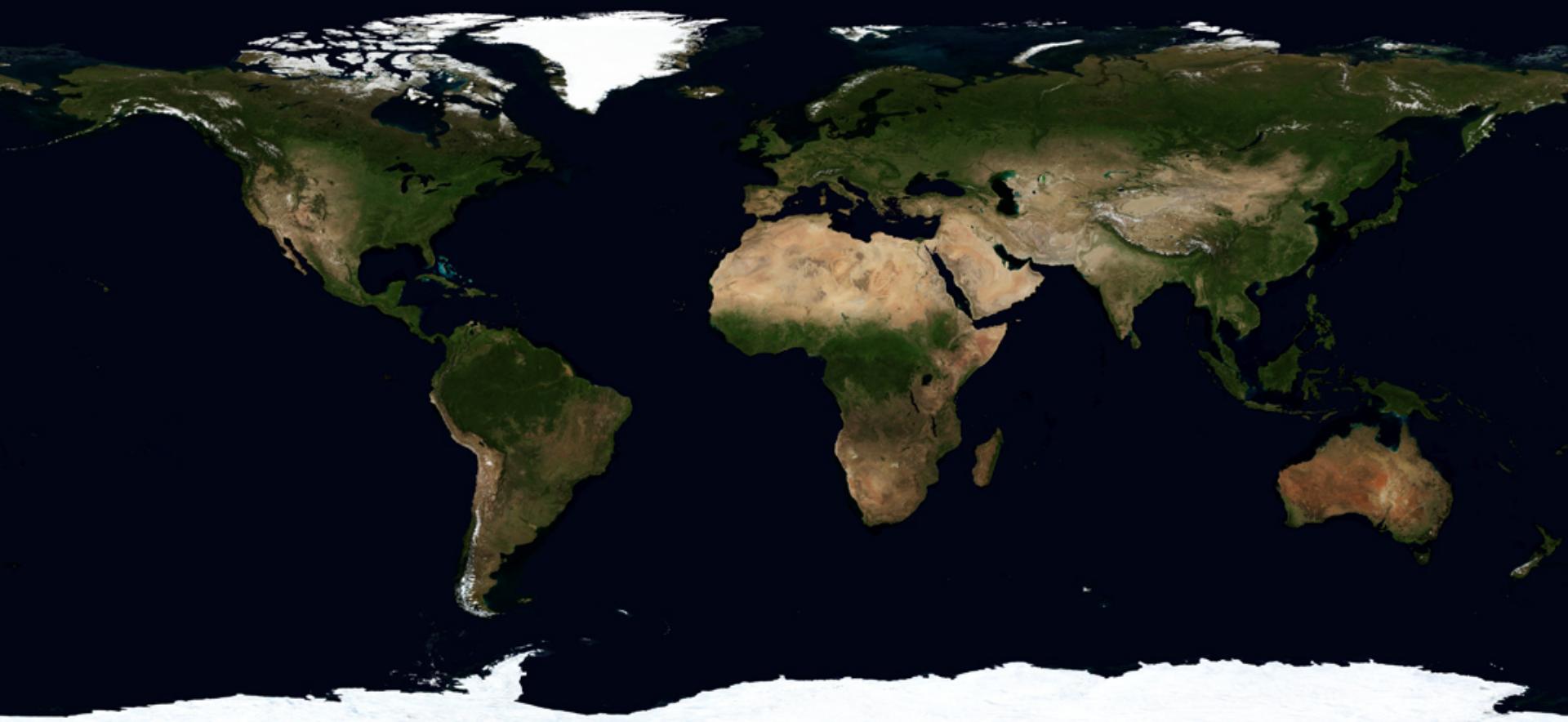


Ecología de Comunidades

Clase 6



Modelos Regionales o de Paisaje

Teoría de Biogeografía de Islas

Teoría de Metapoblaciones
Modelo de fuente-sumidero
Modelo clásico

Modelos Regionales o de Paisaje

Teoría de Biogeografía de Islas

Teoría de Metapoblaciones
Modelo de fuente-sumidero
Modelo clásico

Metapoblación

- **Una población de poblaciones de una especie** (Levins 1969)
- **Un sistema local de poblaciones de una especie conectadas por dispersión** (Gilpin y Hanski 1991)

Parche 3



ESPECIE X

Parche 1



ESPECIE X

Parche 2



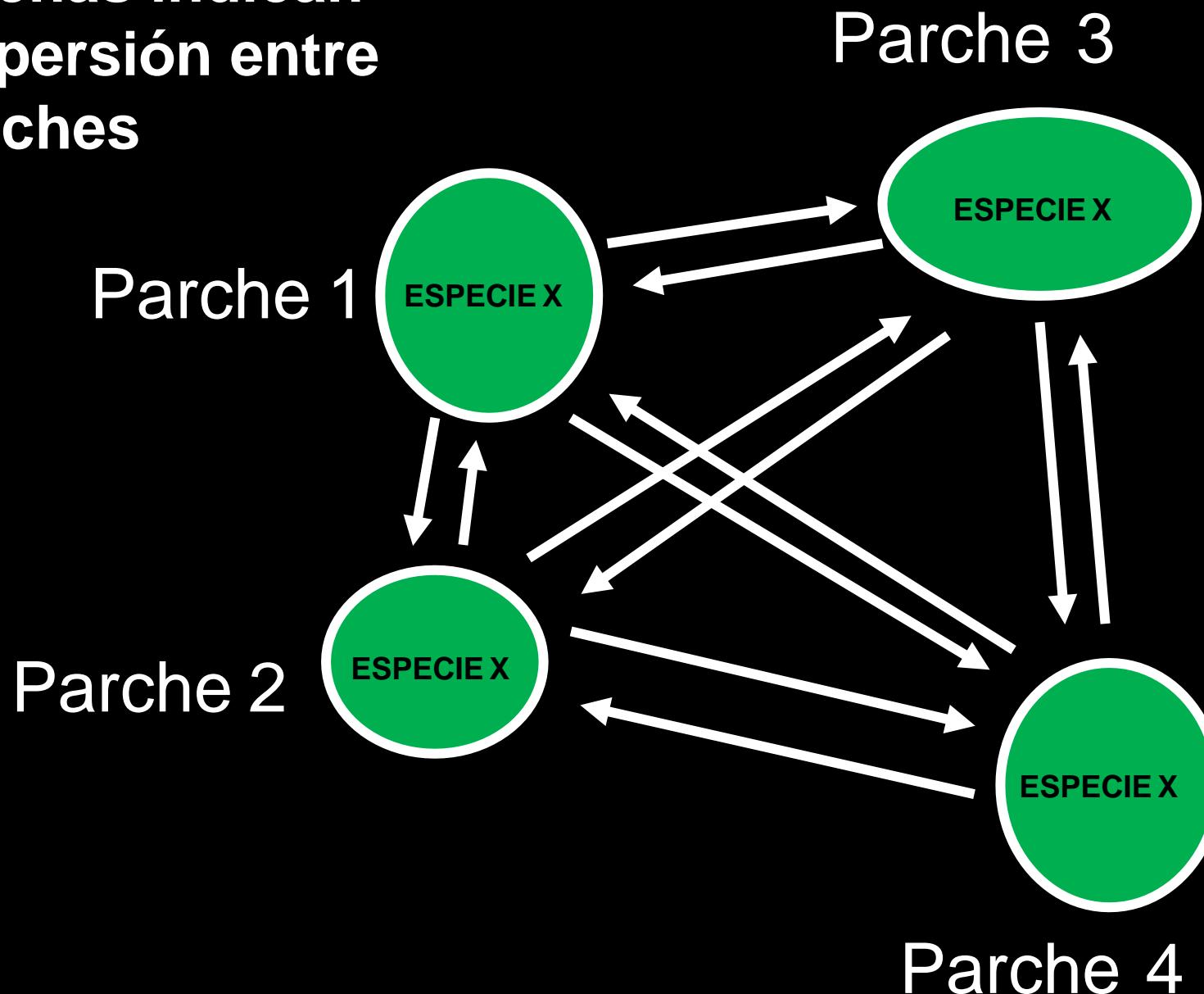
ESPECIE X

Parche 4

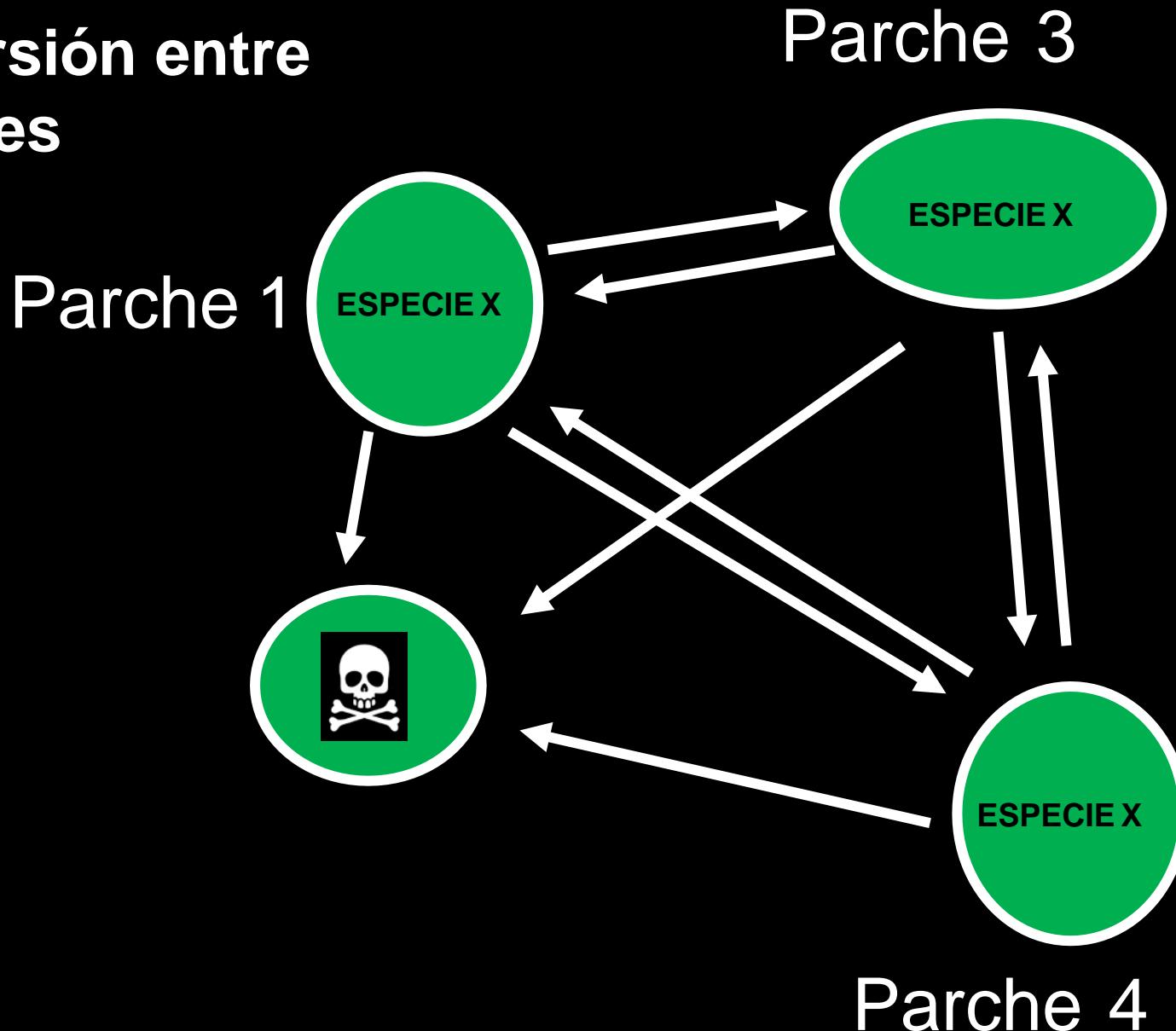


ESPECIE X

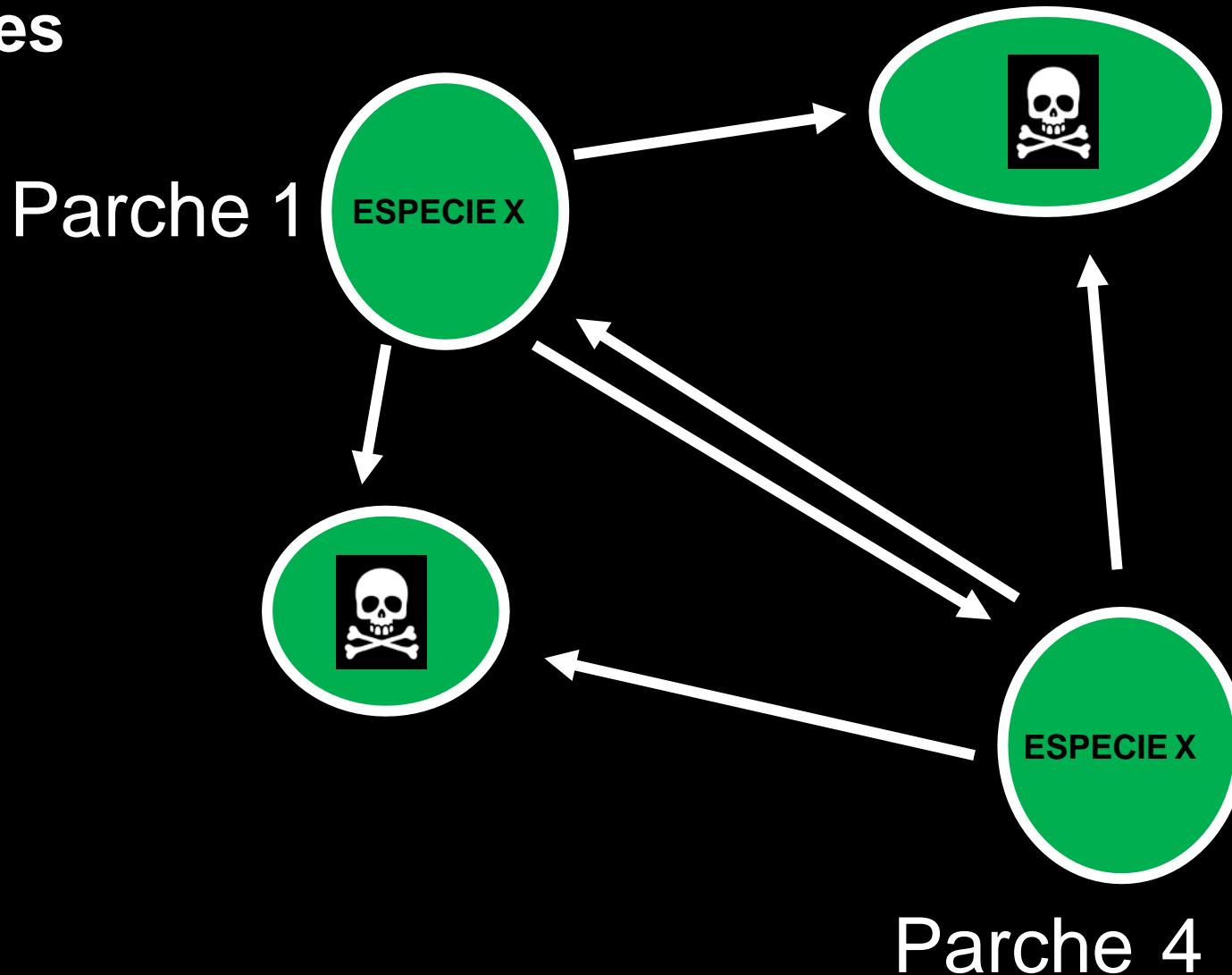
Flechas indican
dispersión entre
parches



Flechas indican
dispersión entre
parches



**Flechas indican
dispersión entre
parches**



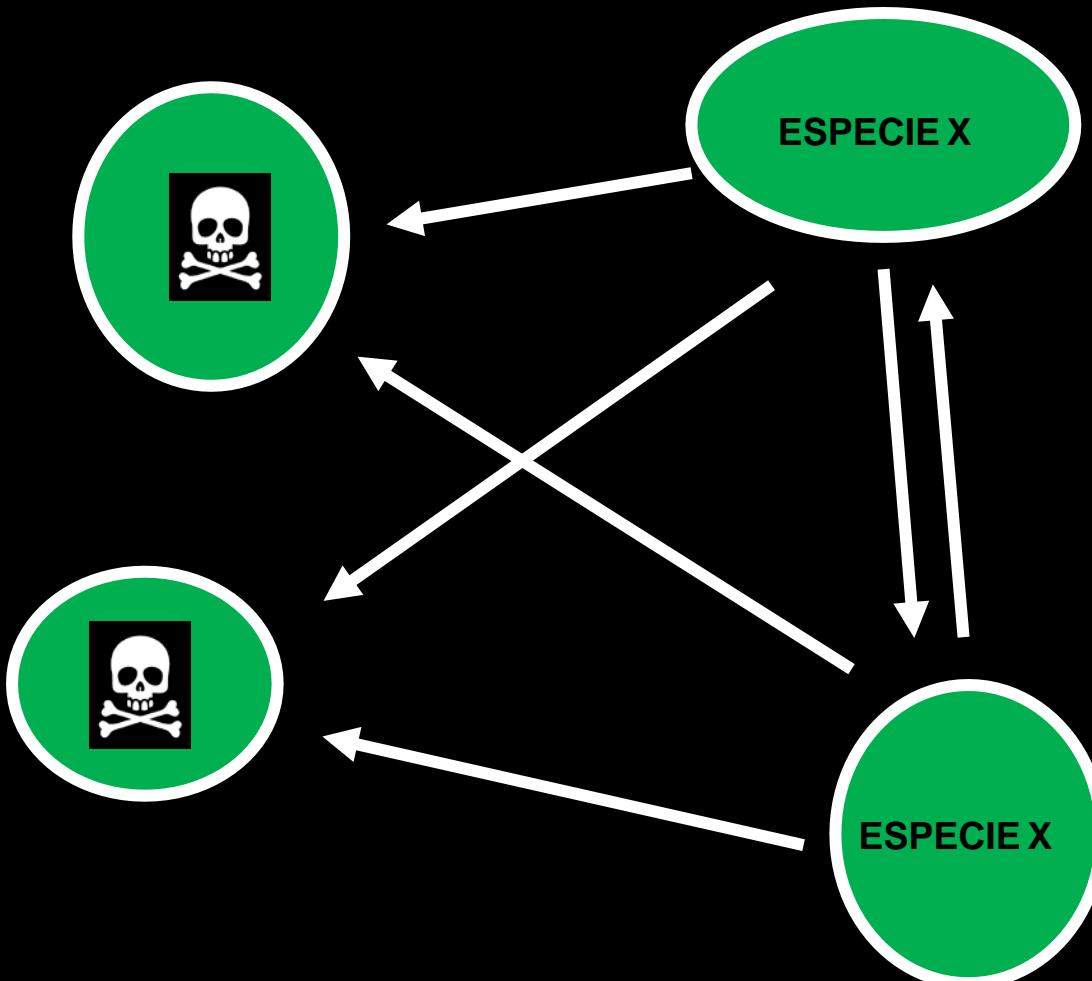
Flechas indican
dispersión entre
parches

Parche 3

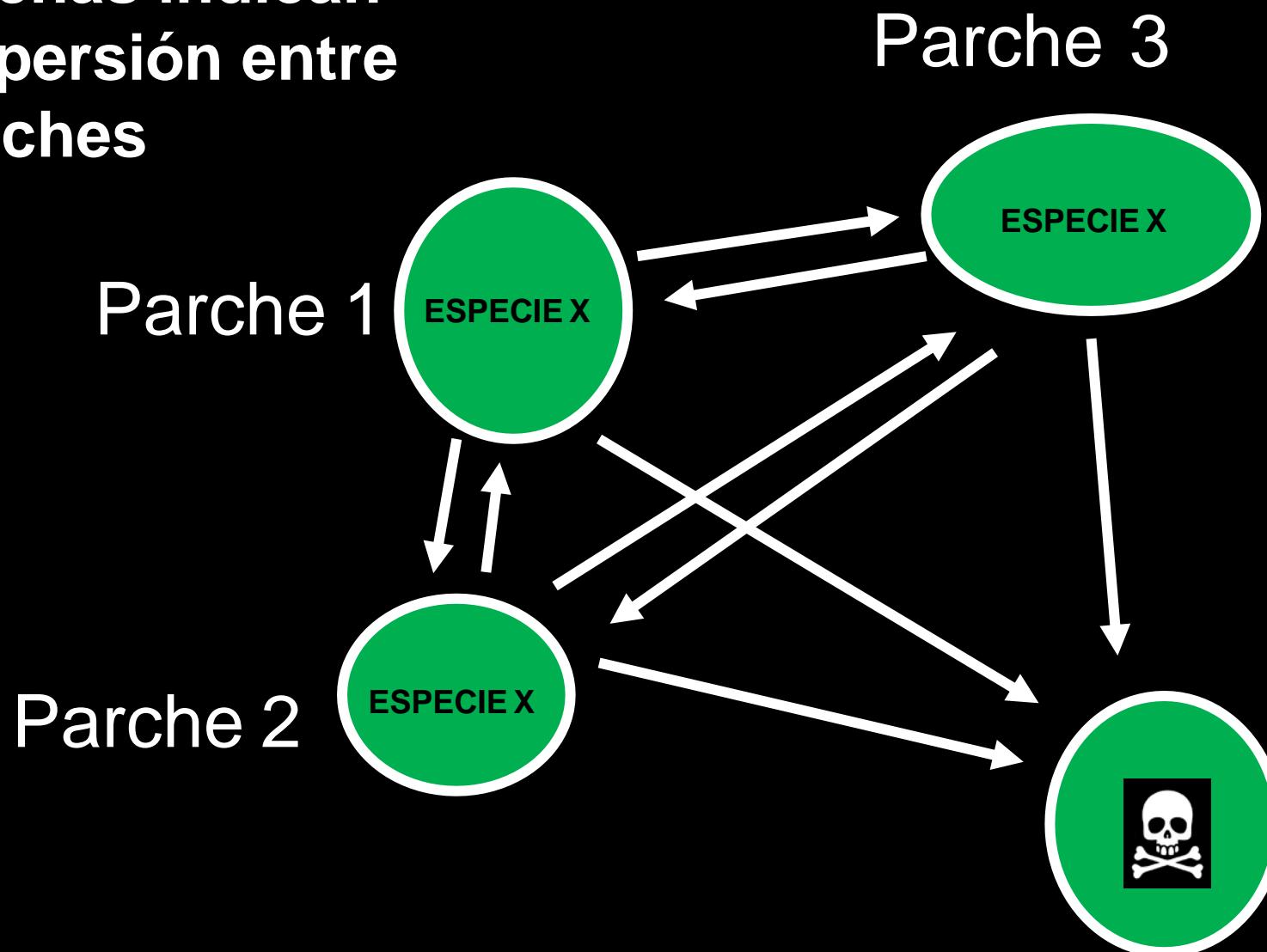
ESPECIE X

ESPECIE X

Parche 4



Flechas indican
dispersión entre
parches



Dos Modelos de Metapoblaciones

- Modelo Fuente-Sumidero
 - Parches varían en calidad
- Modelo clásico
 - Parches no varían en calidad

Modelo Fuente-Sumidero

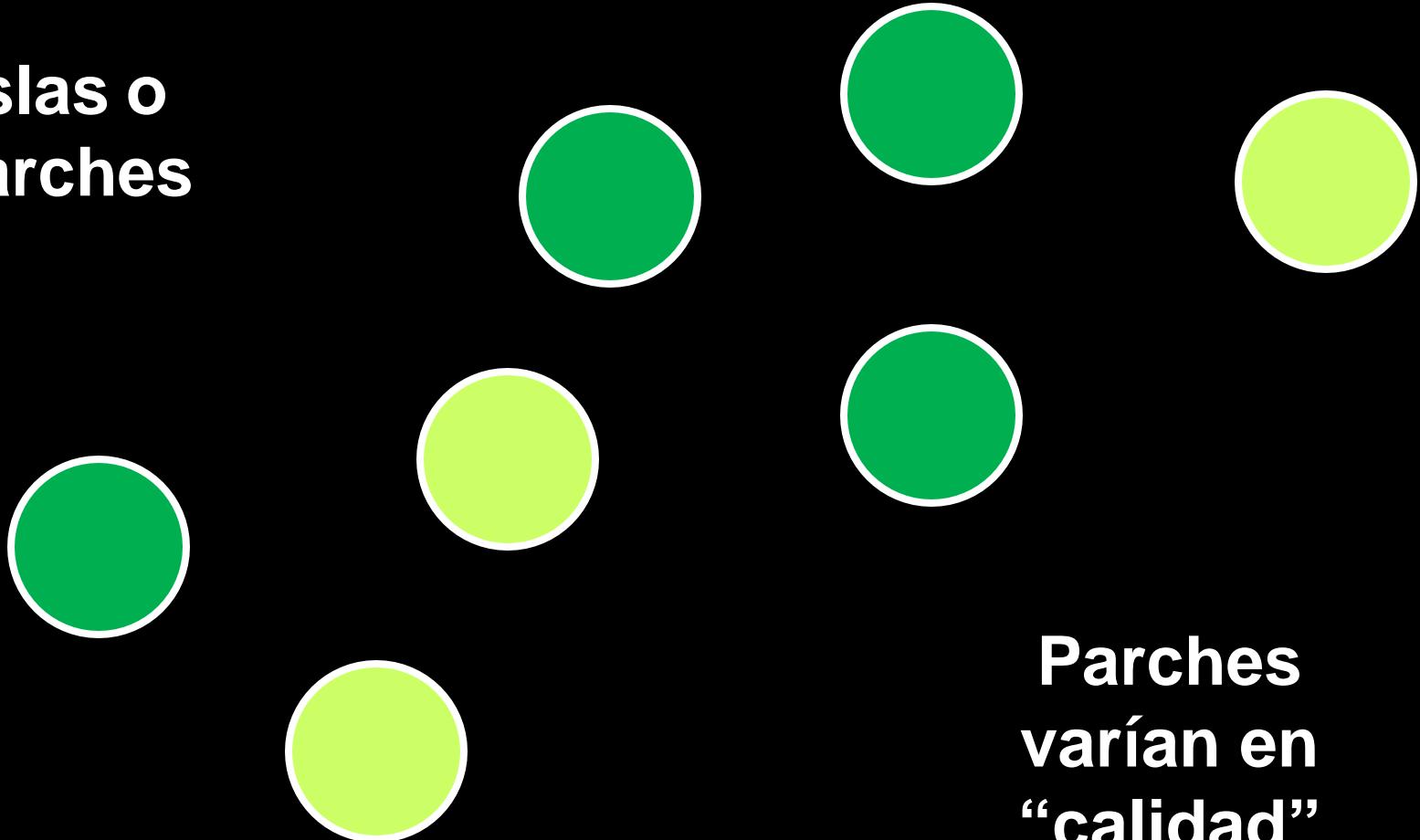
(Modelo del efecto de masa)

Shmida y Wilson (1985):
establecieron el término "efecto de
masa"

Pulliam (1988):
fenómeno “fuente- sumidero”

Modelo Fuente-Sumidero (Modelo del efecto de masa)

Islas o
parches



Modelo Fuente-Sumidero (Modelo del efecto de masa)

¿Cómo evaluar la calidad de los parches?

Usando tasa de crecimiento (λ)

$$\lambda = 1 + b - d$$

Tasa de mortandad

Tasa de natalidad

Si tasa de natalidad (b) = tasa de mortandad (d), entonces $\lambda = 1$!
y población es constante

Modelo Fuente-Sumidero

(Modelo del efecto de masa)

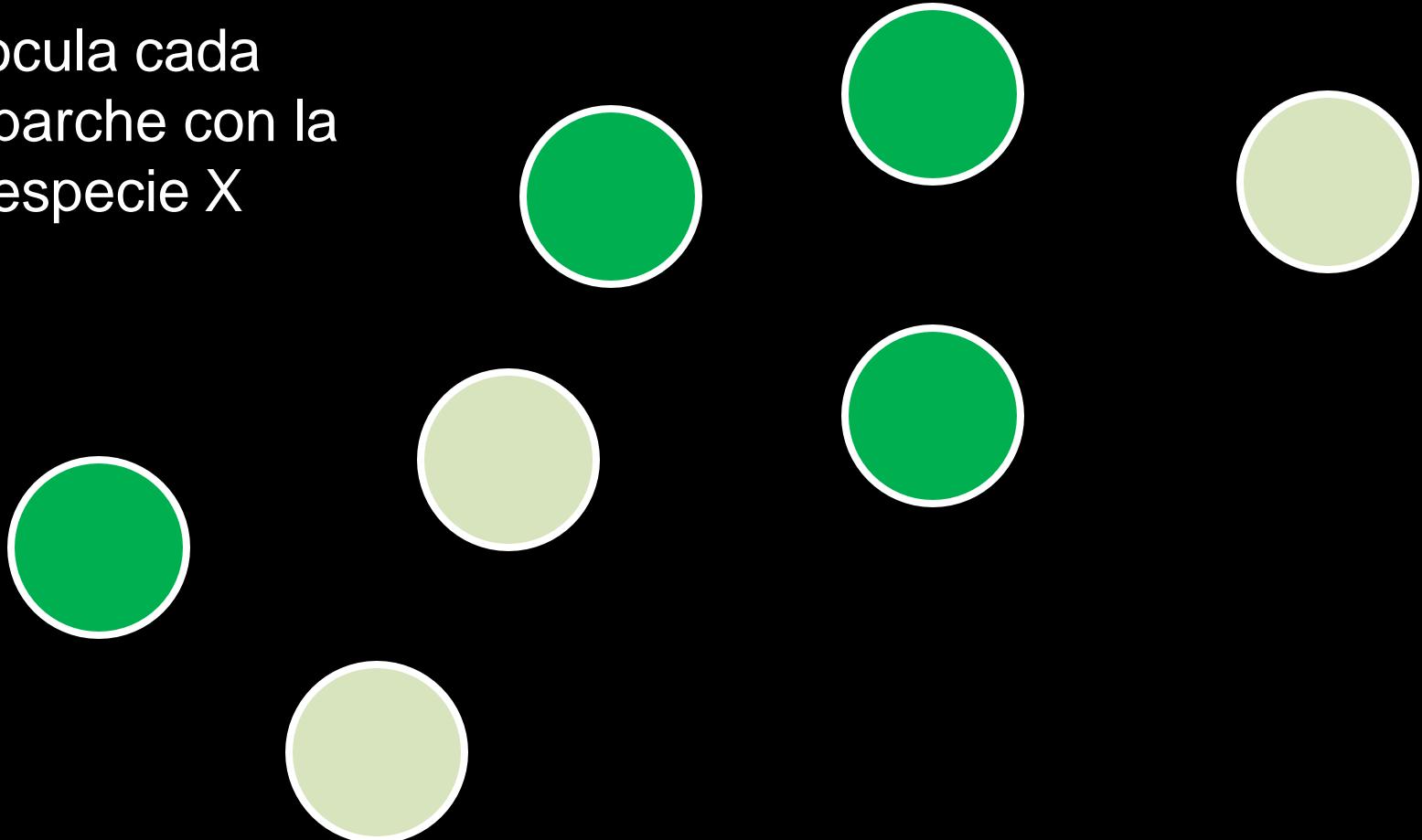
Si $\lambda = 1$, población es constante

Si $\lambda > 1$, población esta creciendo

Si $\lambda < 1$, población esta declinando

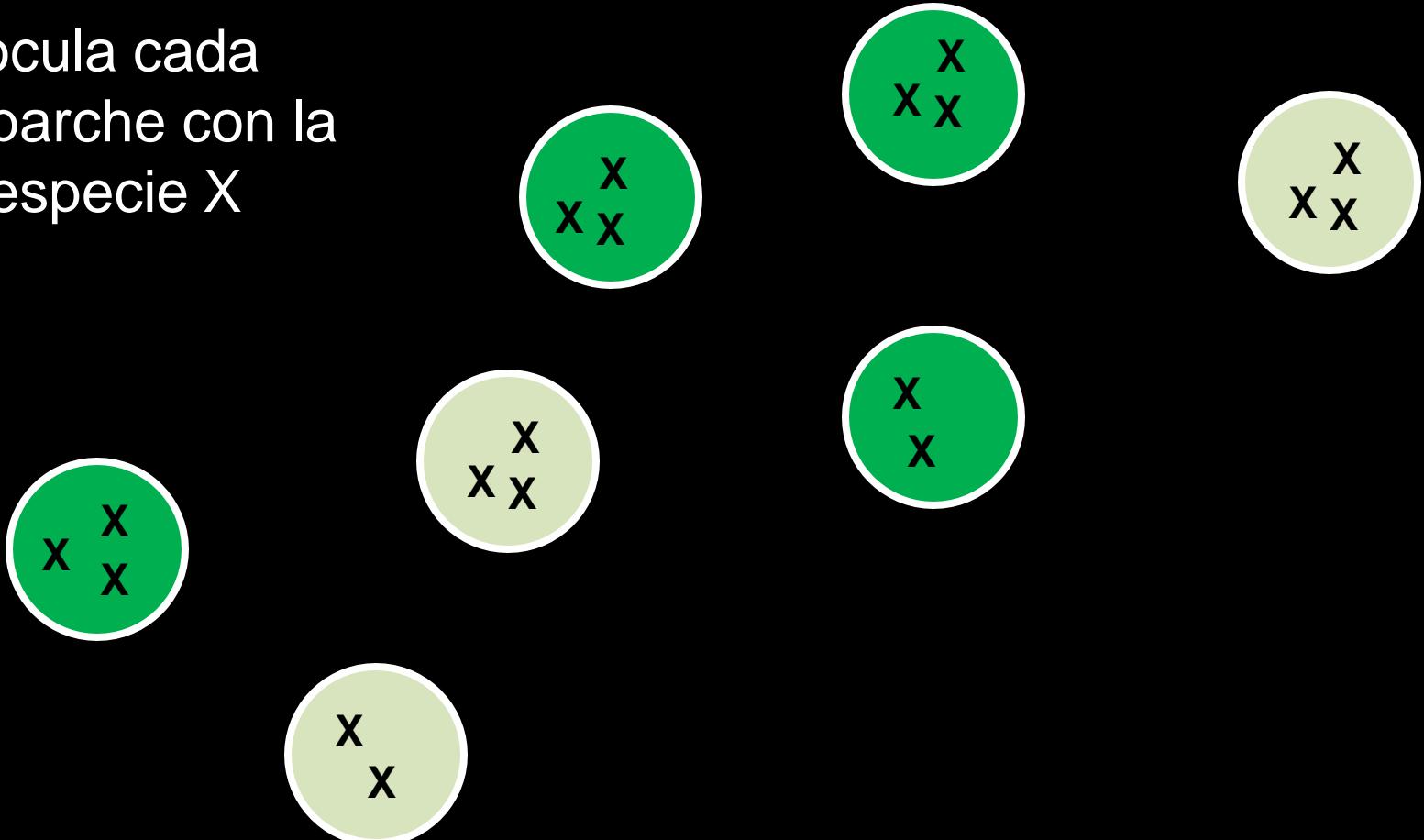
Calidad del hábitat en cada parche para la “especie X”

Inocula cada
parche con la
especie X

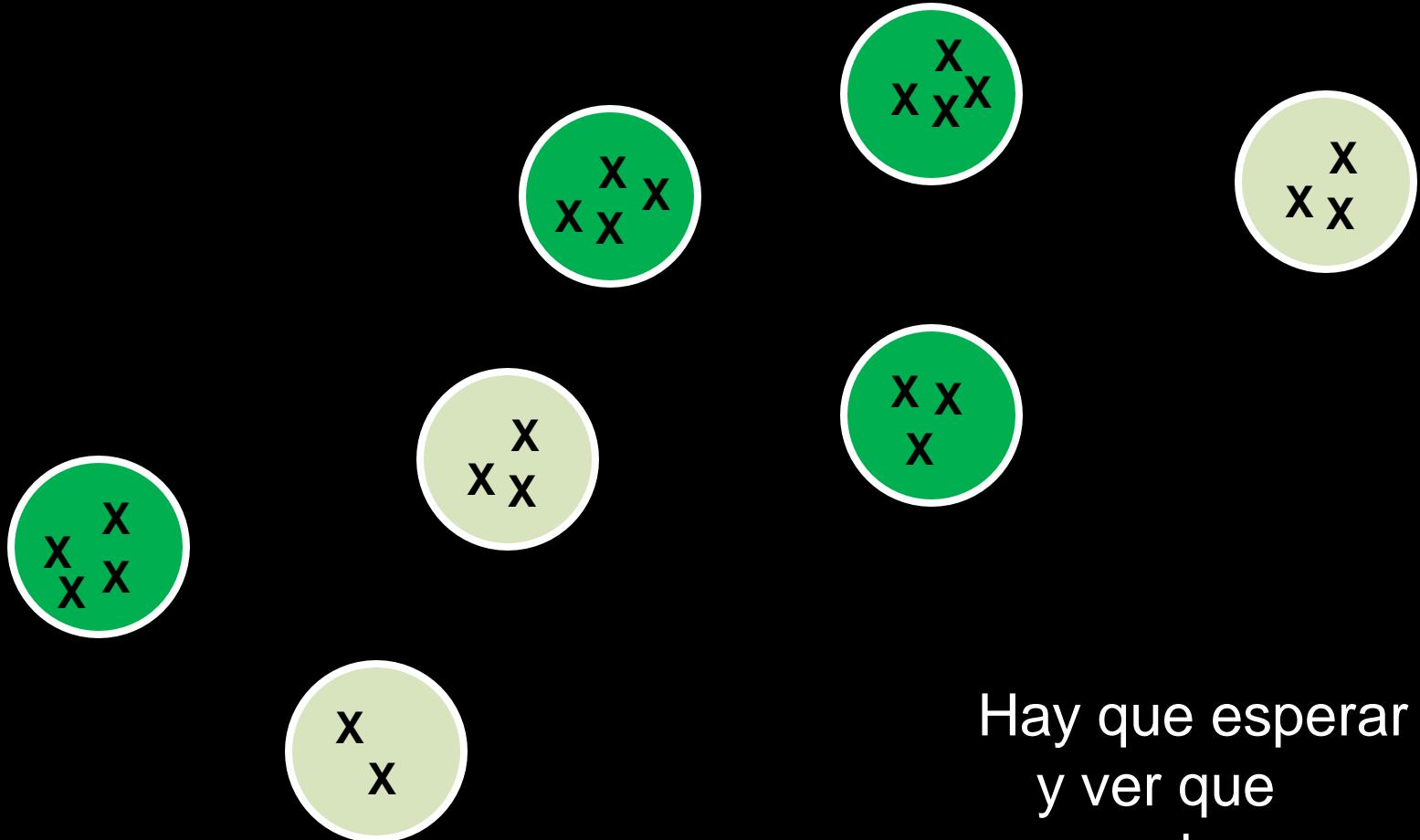


Calidad del hábitat en cada parche para la “especie X”

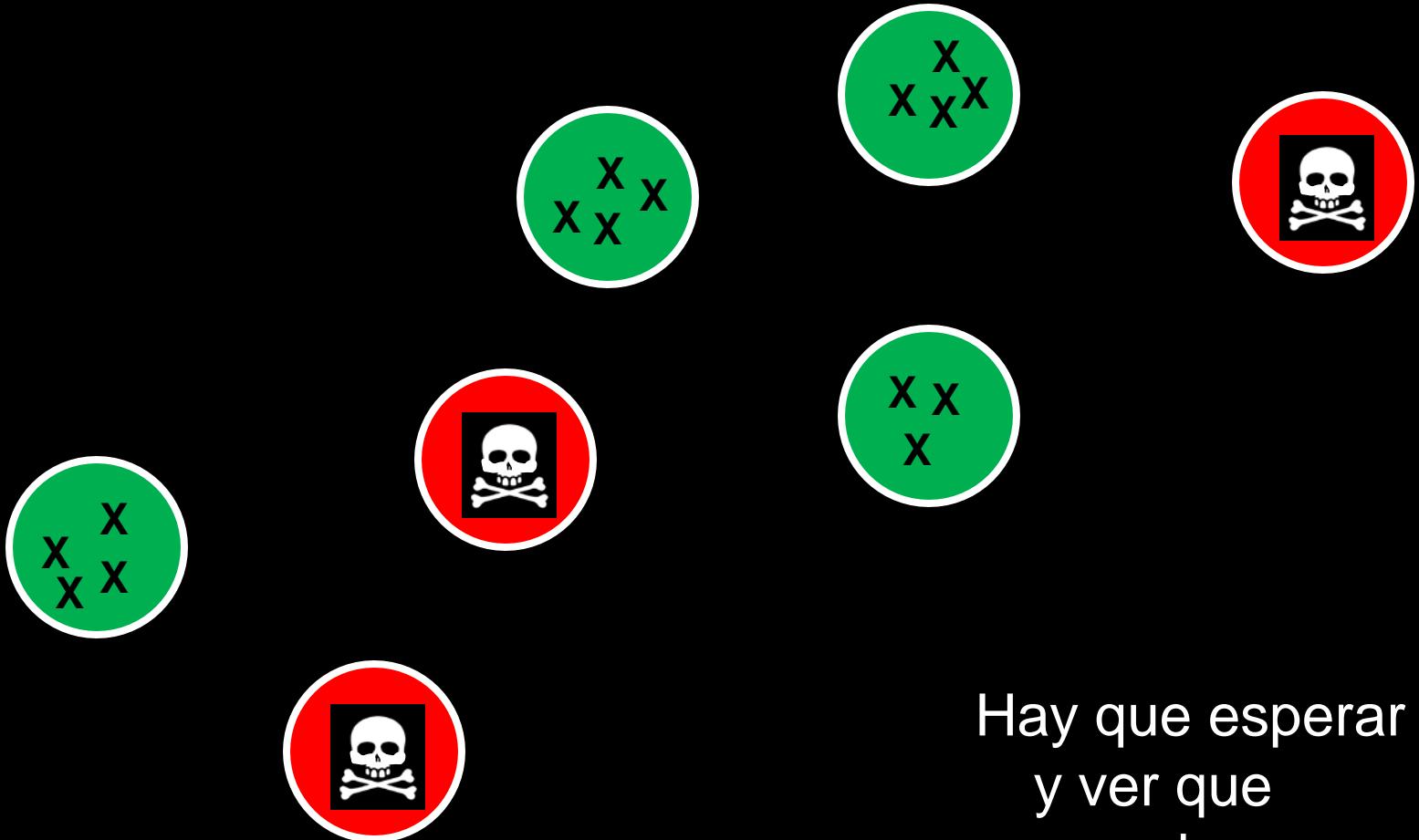
Inocula cada parche con la especie X



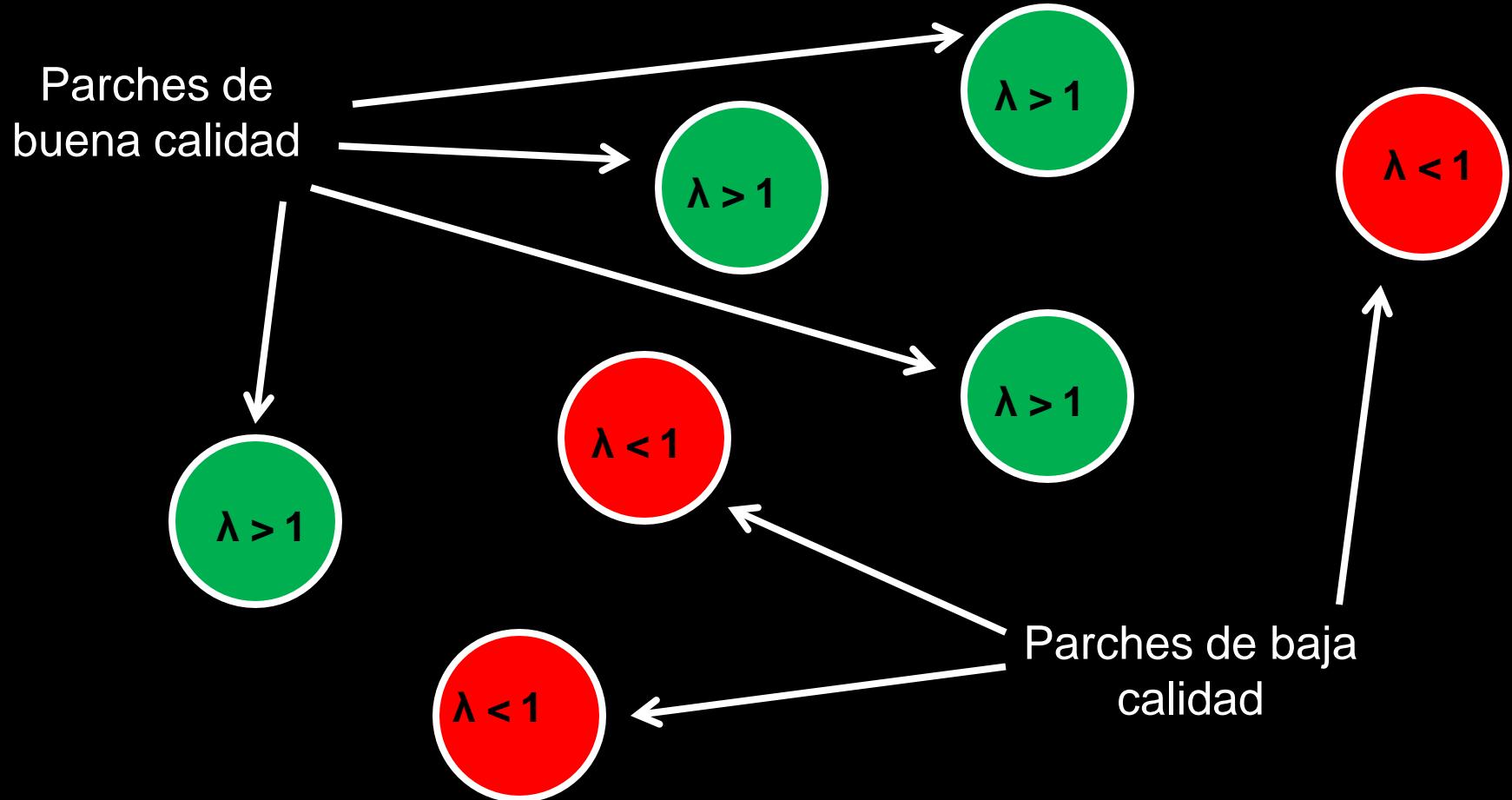
Calidad del hábitat en cada parche para la “especie X”



Calidad del hábitat en cada parche para la “especie X”



Calidad del hábitat en cada parche para la “especie X”



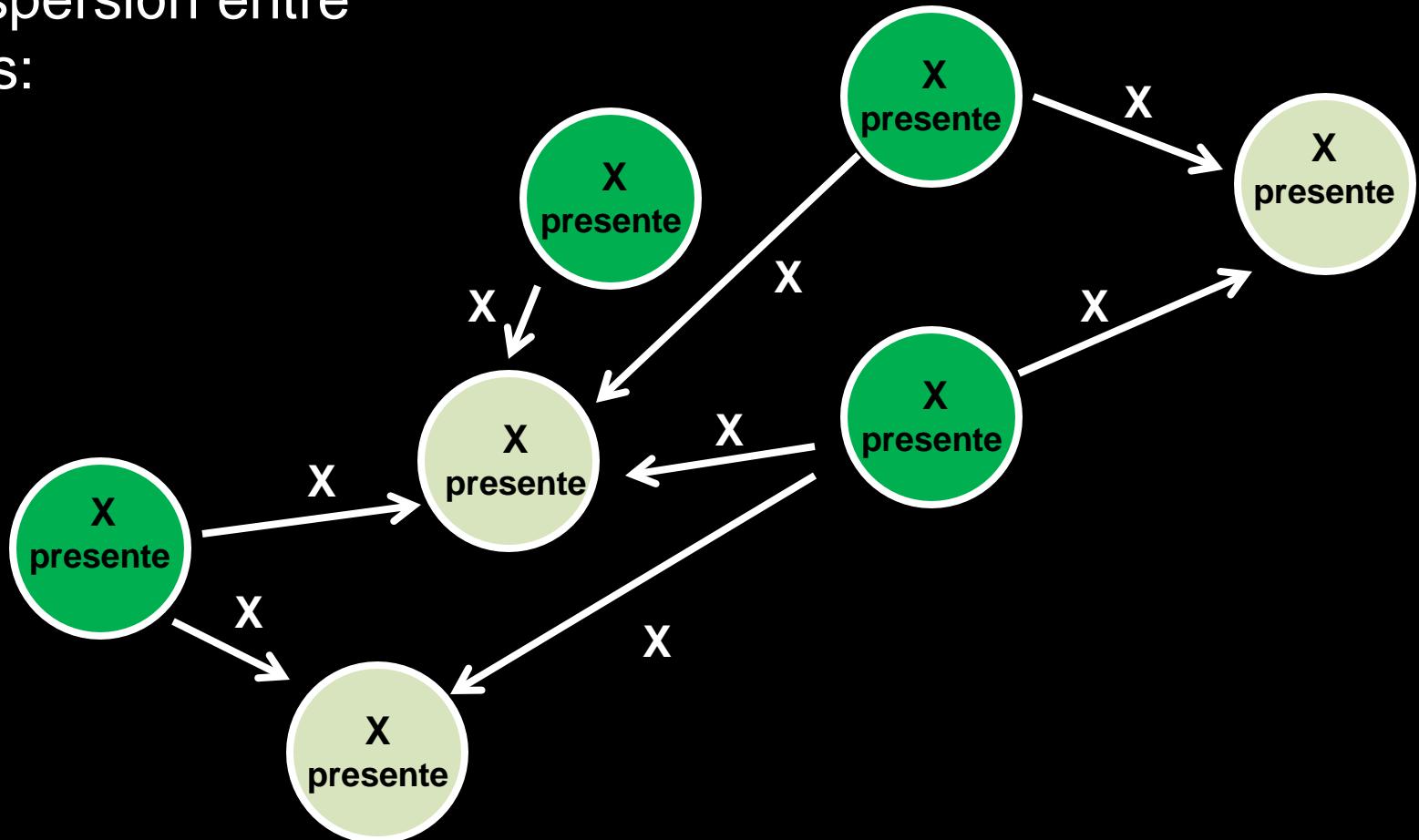
Sin Dispersión

Sin dispersión entre parches, solo unos parches podrán mantener a la especie
X



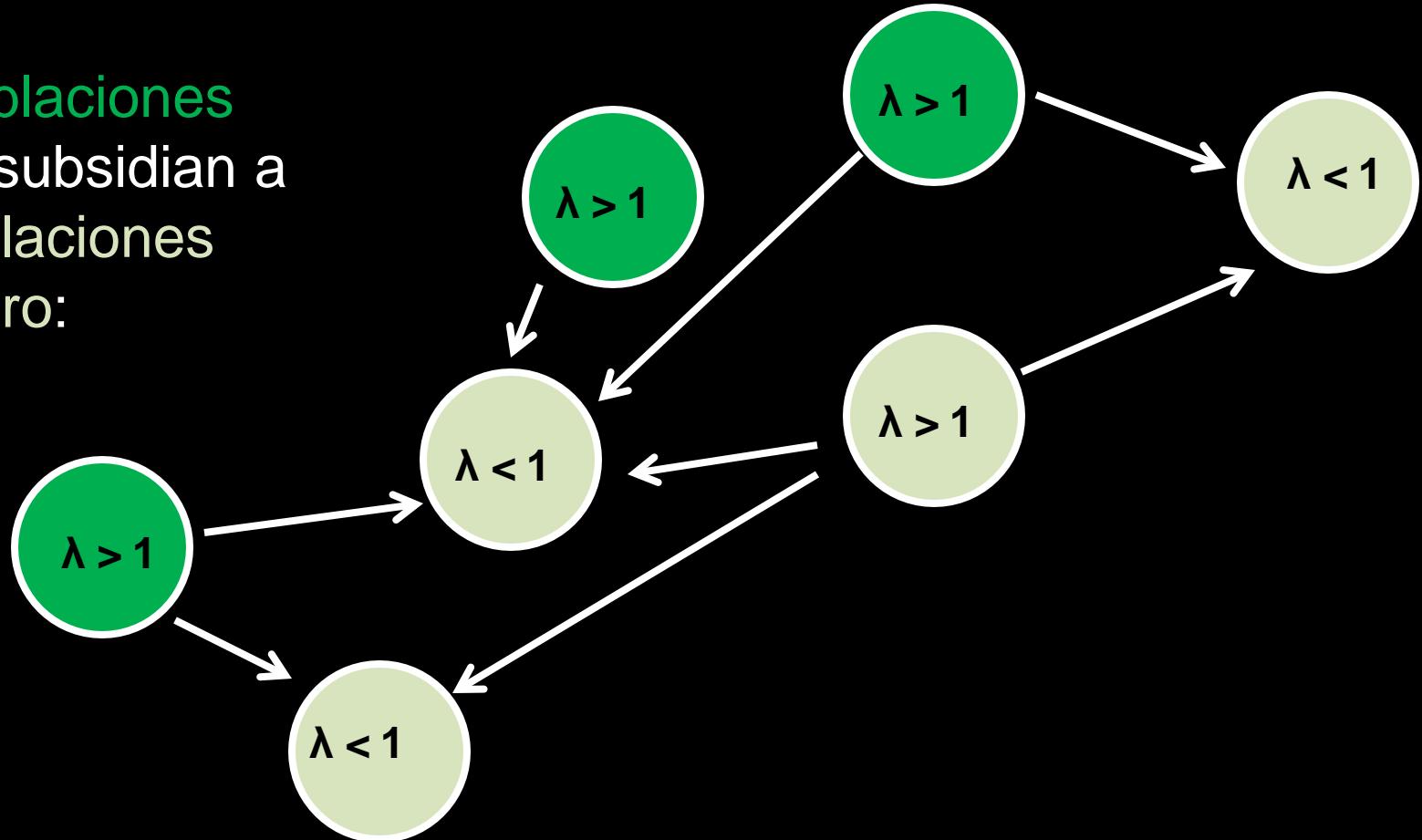
Con Dispersión

Con dispersión entre parches:



Con Dispersión

Las poblaciones fuente subsidian a las poblaciones sumidero:



Puntos Claves del Modelo Fuente-Sumidero

**Especies persisten en los parches
SUMIDERO debido a la inmigración
de los parches FUENTE...**

**entonces, las especies desaparecen si
los parches FUENTE desaparecen**

Ejemplo: Fuente-Sumidero

- Willson y Hopkins (2013)
- Modelaron metapoblación de sapos en South River, Virginia
- Tenían tablas de vida para los sapos (nacimientos, muertes)
- Datos de dispersión
- South River tiene problemas de contaminación con mercurio



Asumiendo NO dispersión

Los
humedales
pequeños
no pueden
mantener
sapos

$\lambda < 1$

$\lambda > 1$

$\lambda < 1$

$\lambda > 1$

$\lambda < 1$

$\lambda > 1$

$\lambda > 1$

$\lambda < 1$

$\lambda > 1$

$\lambda < 1$

humedales

Asumiendo NO dispersión

Los
humedales
pequeños
no pueden
mantener
sapos

$\lambda < 1$

$\lambda > 1$

$\lambda < 1$

$\lambda > 1$

$\lambda < 1$

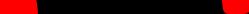
$\lambda > 1$

$\lambda > 1$

$\lambda < 1$

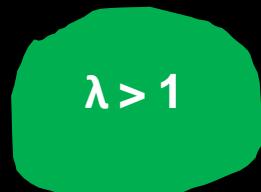
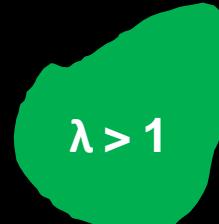
$\lambda > 1$

$\lambda < 1$

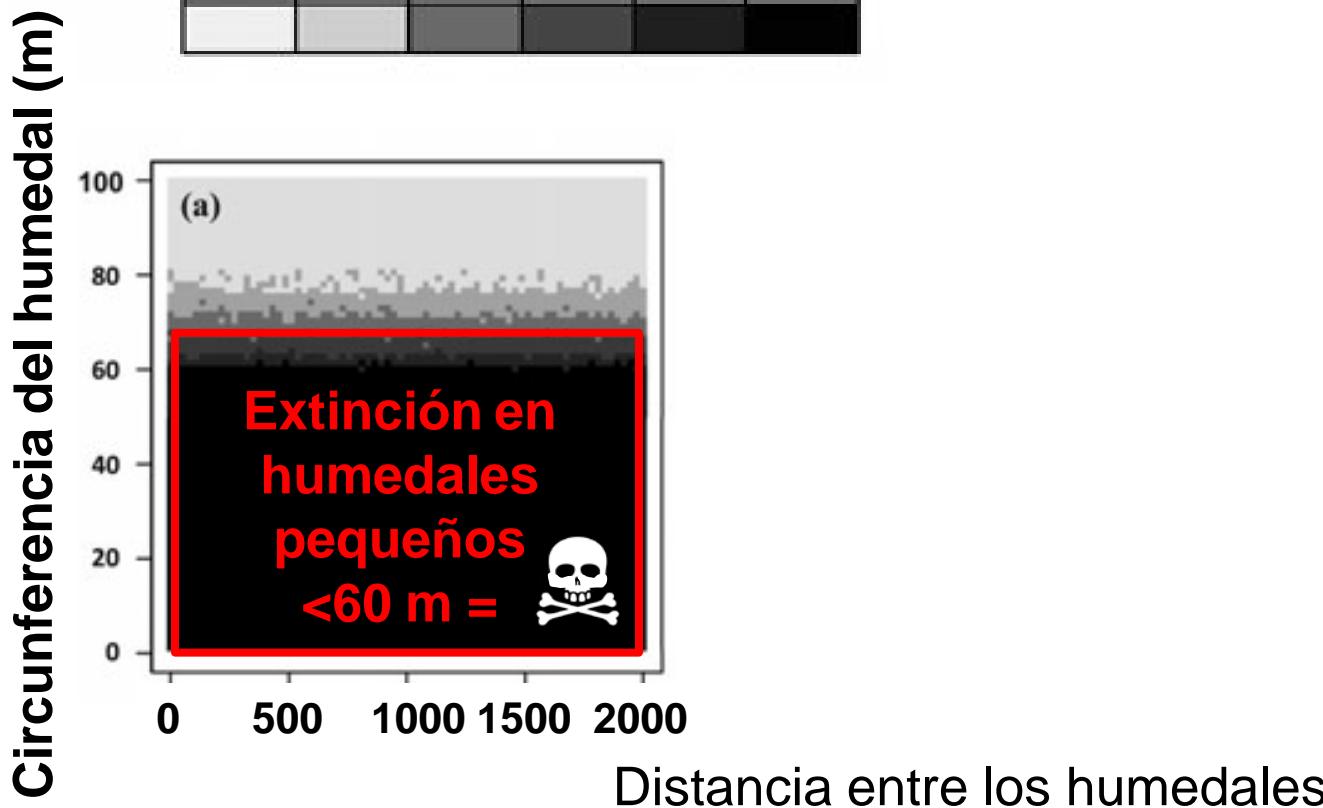


Asumiendo NO dispersión

Los
humedales
pequeños
no pueden
mantener
sapos



Probabilidad de extinción (200 años)

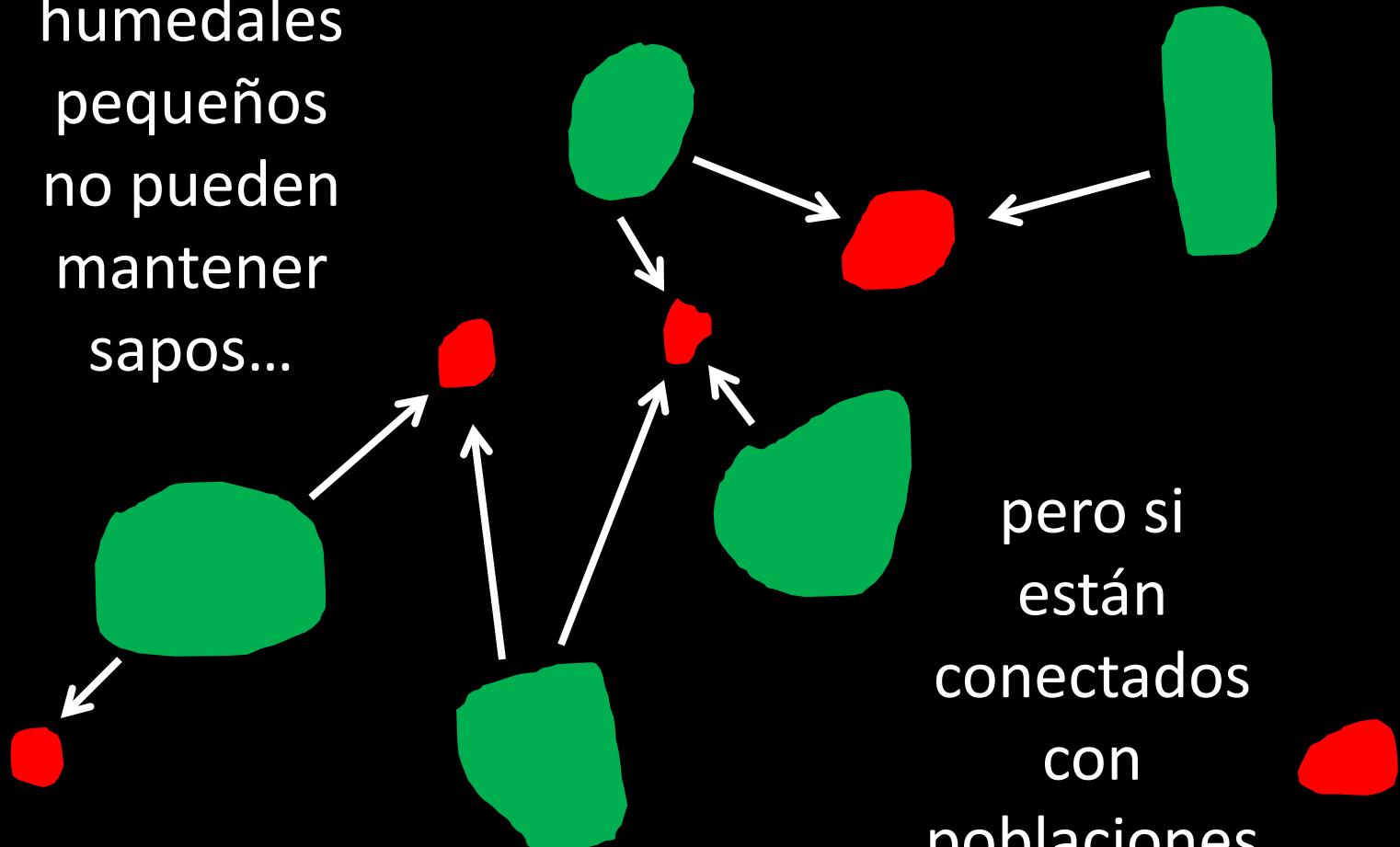


**Sin
dispersión**

Asumiendo dispersión

Los
humedales
pequeños
no pueden
mantener
sapos...

pero si
están
conectados
con
poblaciones
fuente...



Asumiendo dispersión



Población Fuente



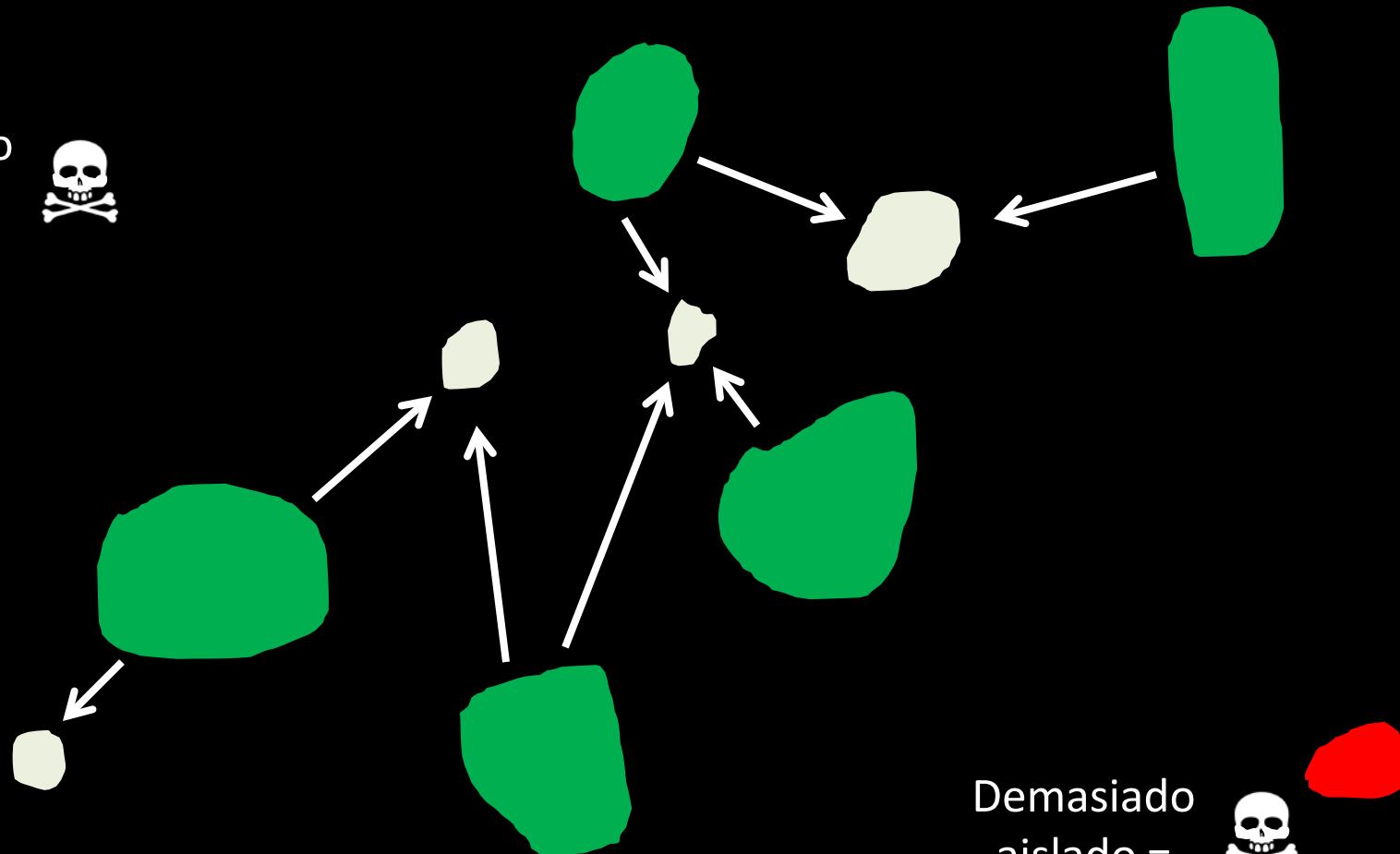
Población Sumidero



Parche vacío



Demasiado
aislado =

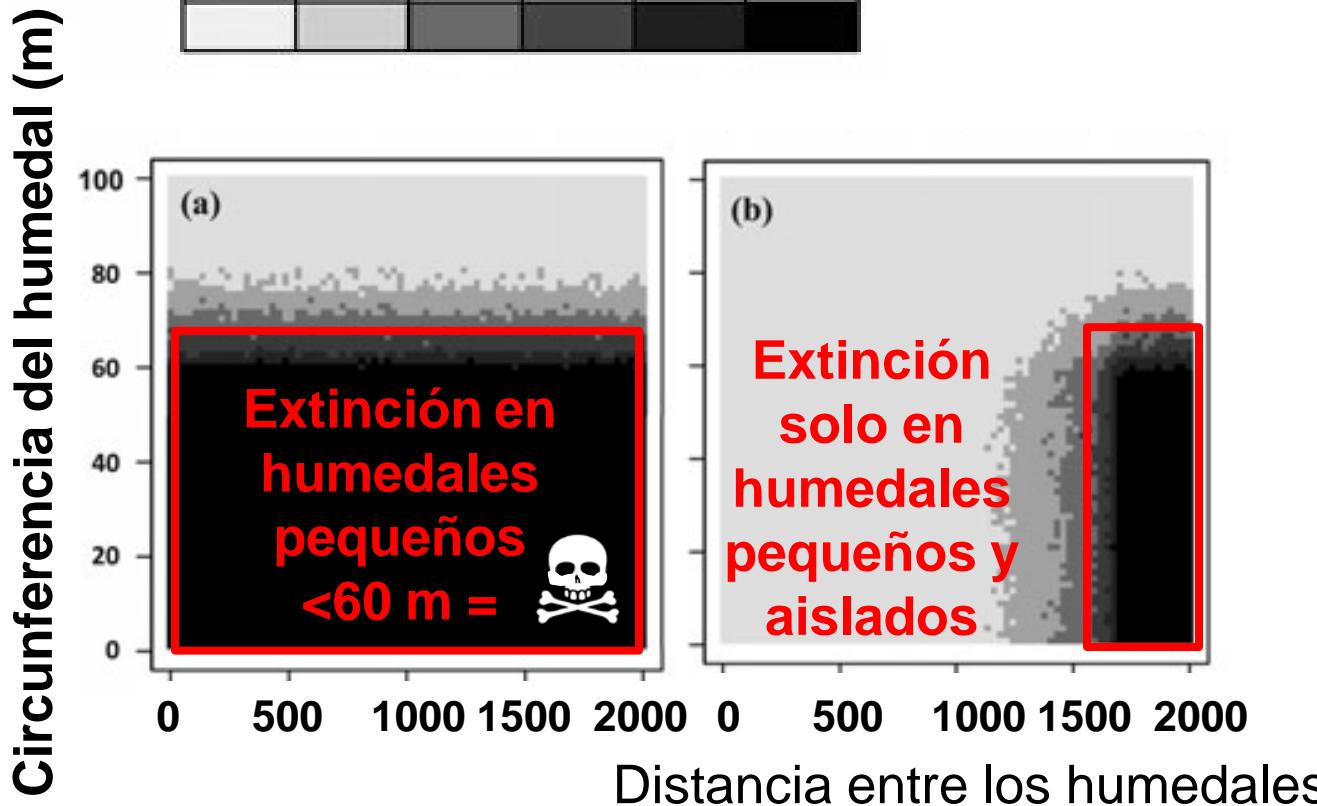


Demasiado
aislado =



Probabilidad de extinción (200 años)

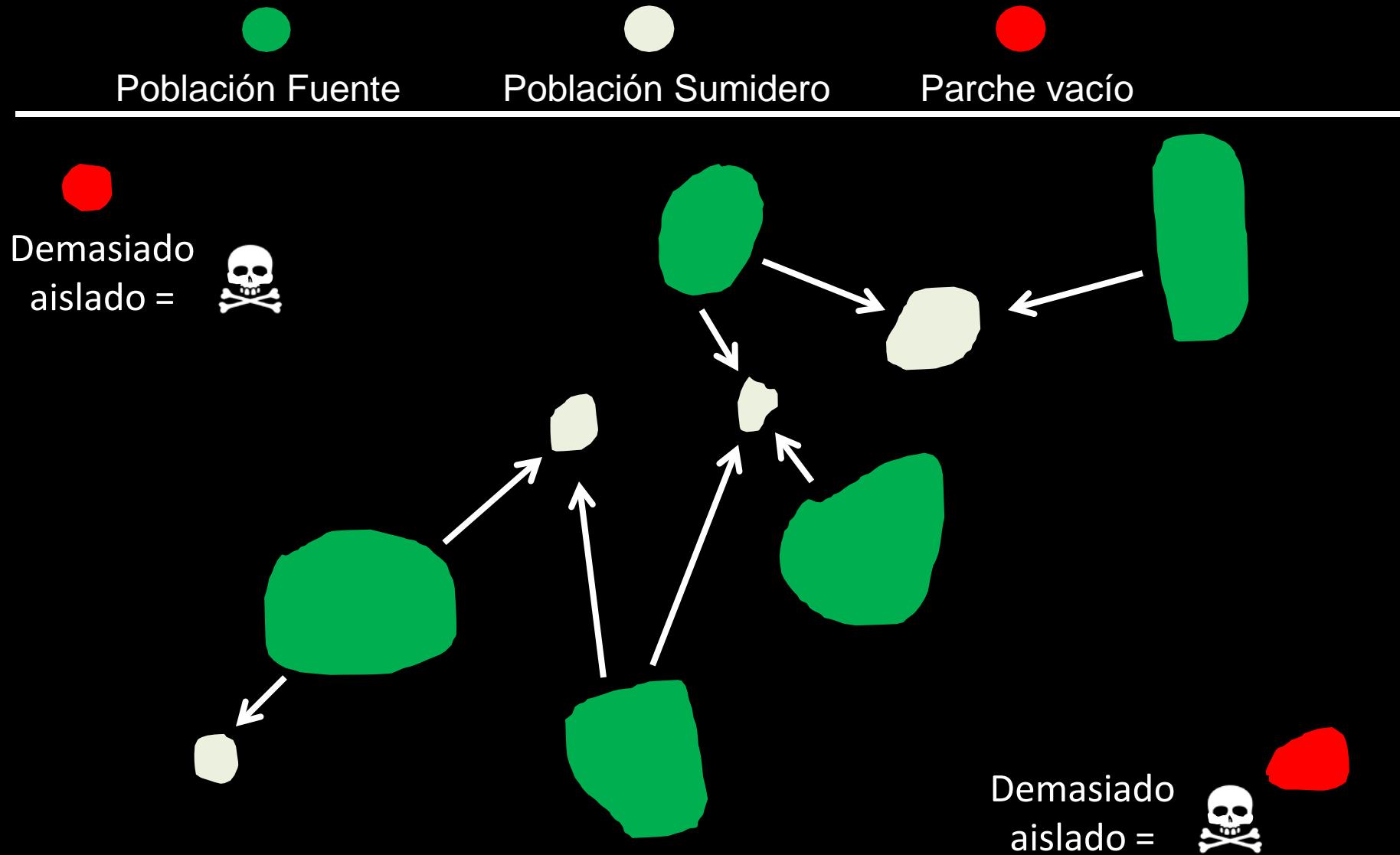
(Willson y Hopkins 2013)



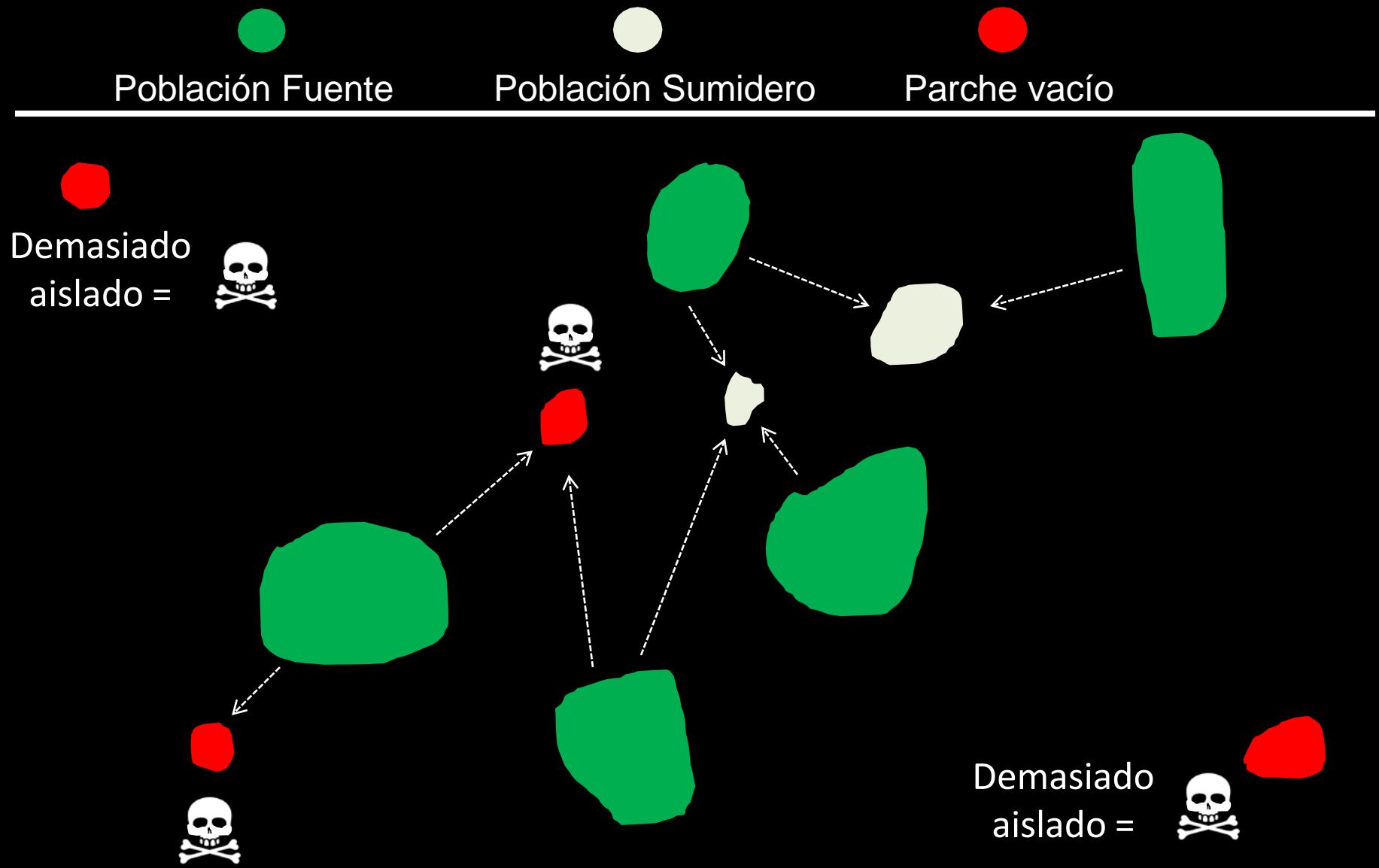
**Sin
dispersión**

**Con dispersión
y sin
contaminación**

Asumiendo dispersión



Asumiendo dispersión con contaminación

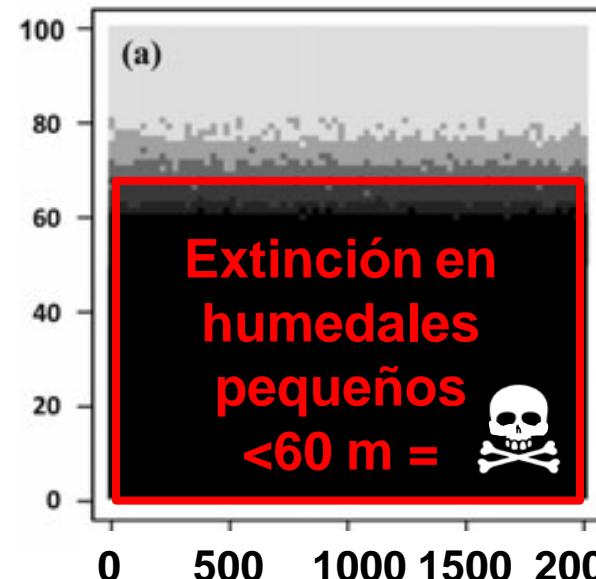


Probabilidad de extinción (200 años)

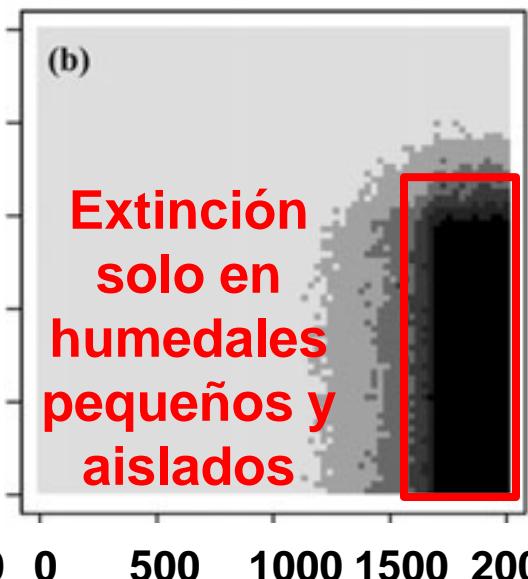
(Willson y Hopkins 2013)



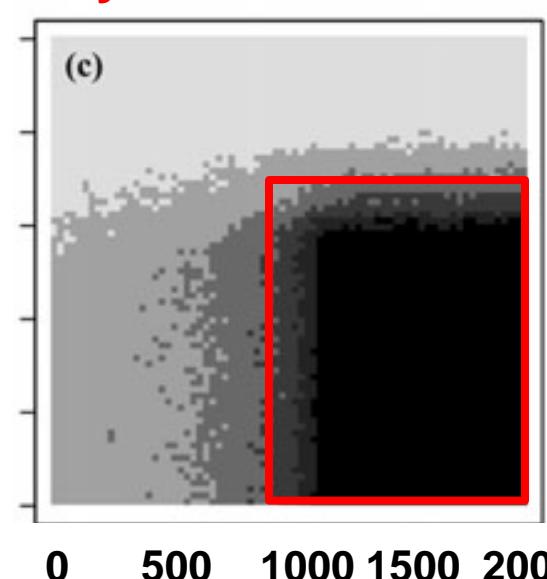
Circunferencia del humedal (m)



Extinción en
humedales
pequeños
 $<60\text{ m} =$



Extinción
solo en
humedales
pequeños y
aislados



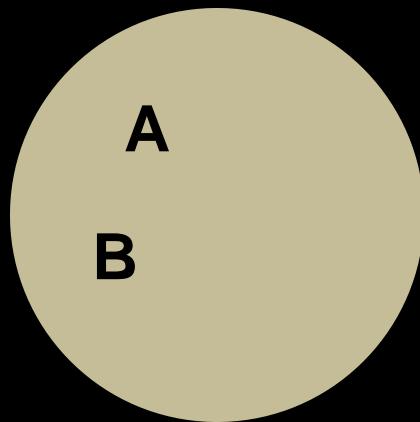
Sin
dispersión

Con dispersión
y sin
contaminación

Con dispersión,
pero con
contaminación
de Mercurio

Extinción en
humedales
pequeños aislados
y semi-aislados

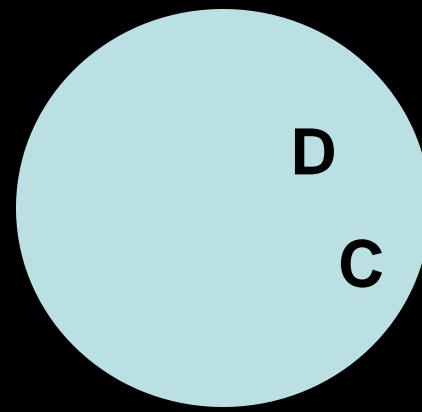
Modelo Fuente-Sumidero y Comunidades



$S = 2$ species

Parche 1

Fuente de A y B

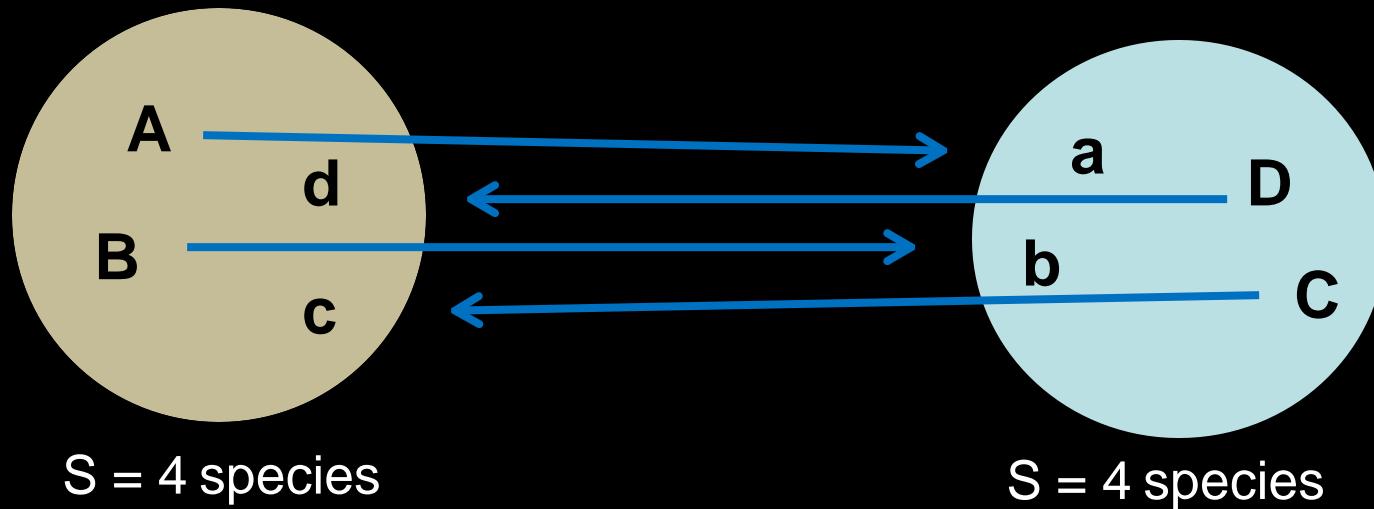


$S = 2$ species

Parche 2

Fuente de C y D

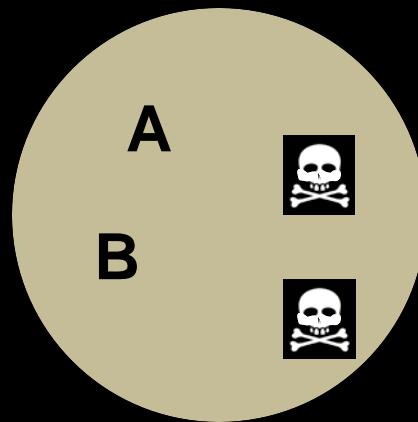
Modelo Fuente-Sumidero y Comunidades



Fuente de A y B
Sumidero de C y D

Fuente de C y D
Sumidero de A y B

Modelo Fuente-Sumidero y Comunidades



$S = 4$ species

Parche 1

Fuente de A y B
Sumidero de C y D

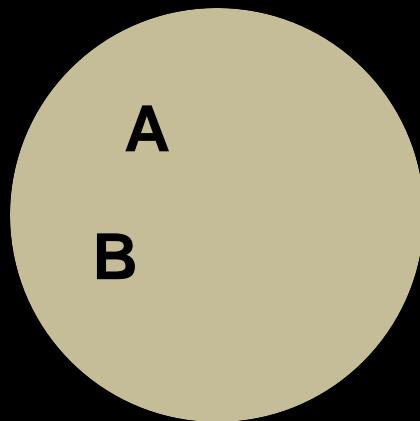


$S = 4$ species

Parche 2

Fuente de C y D
Sumidero de A y B

Modelo Fuente-Sumidero y Comunidades



S = 2 species

Parche 1

Fuente de A y B



Parche 2 DESTRUIDO

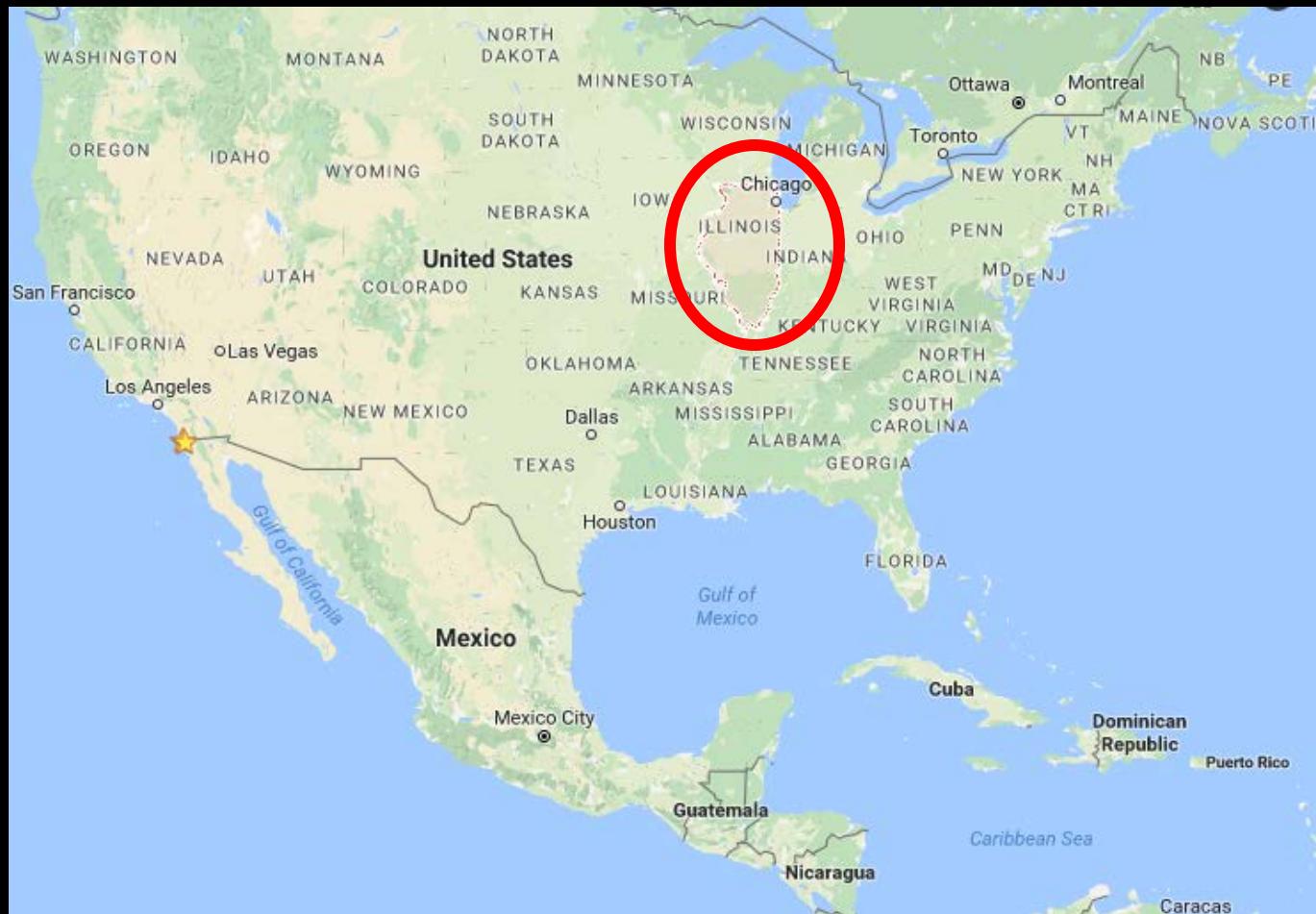
No puede subsidiar a Parche 1

Conservación y el Modelo Fuente-Sumidero

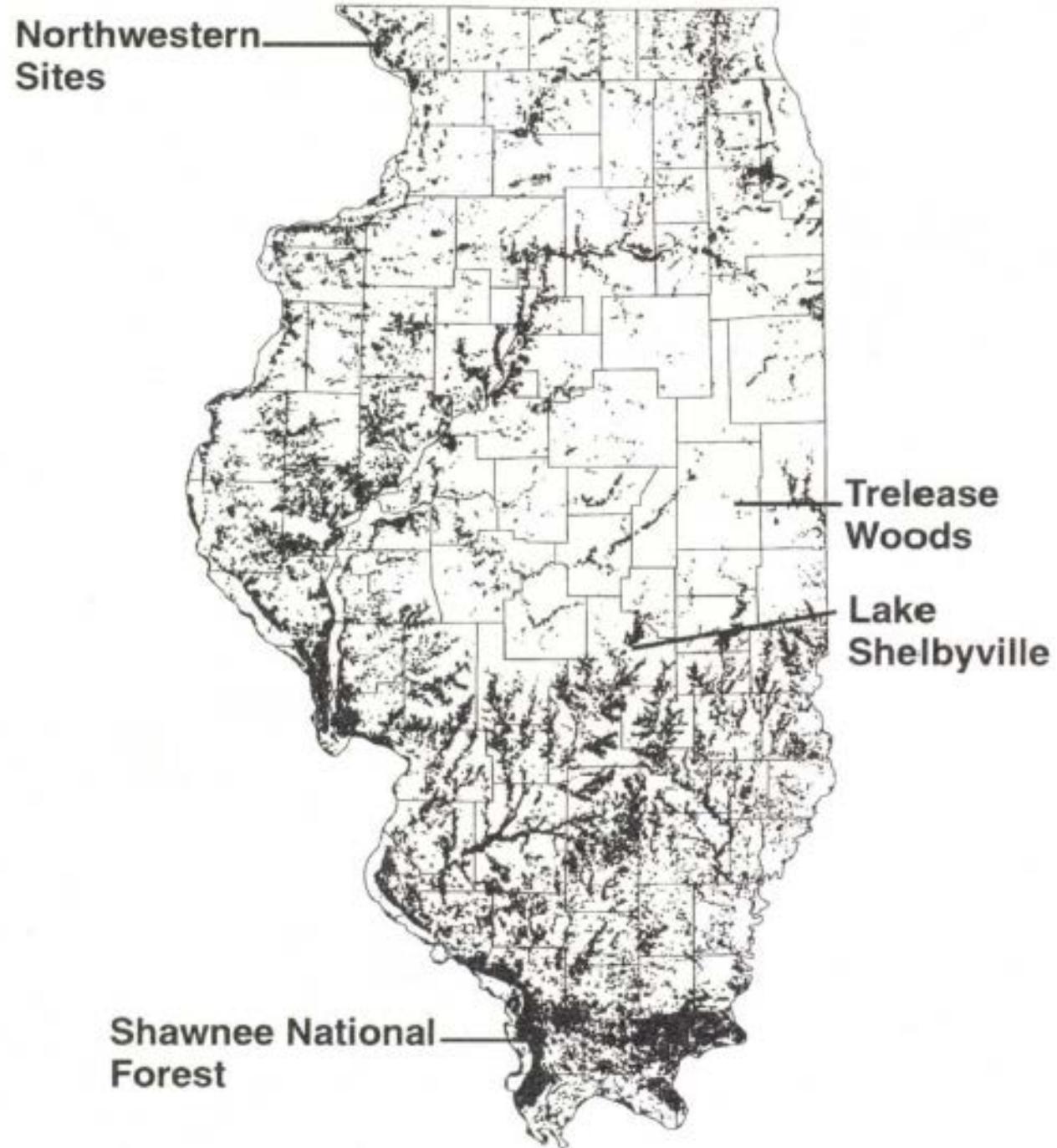
Aves en los bosques de Illinois
(aves *migratorias neotropicales*)

(Brawn y Robinson 1996)

Distribución en los bosques de Illinois



Distribución de los bosques de Illinois





Zorralito maculado, *Hylocichla mustelina*



Chipe suelero, *Seiurus aurocapilla*

Resultados de Brawn y Robinson 1996

- Densidades de aves migratorias es constante
- PERO en todos los parches de bosques y en todas las especies estudiadas, las tasas de natalidad << tasas de mortandad
 - Tasa de crecimiento, $\lambda < 1.0$
 - Poblaciones deberían estar en declive

¿Cómo es posible que haya poblaciones?

**!Subsidio de
Poblaciones
Fuente!**



**Tordo Negro, *Molothrus ater*, parásito de nidos
Razón principal de bajas tasa de natalidad**

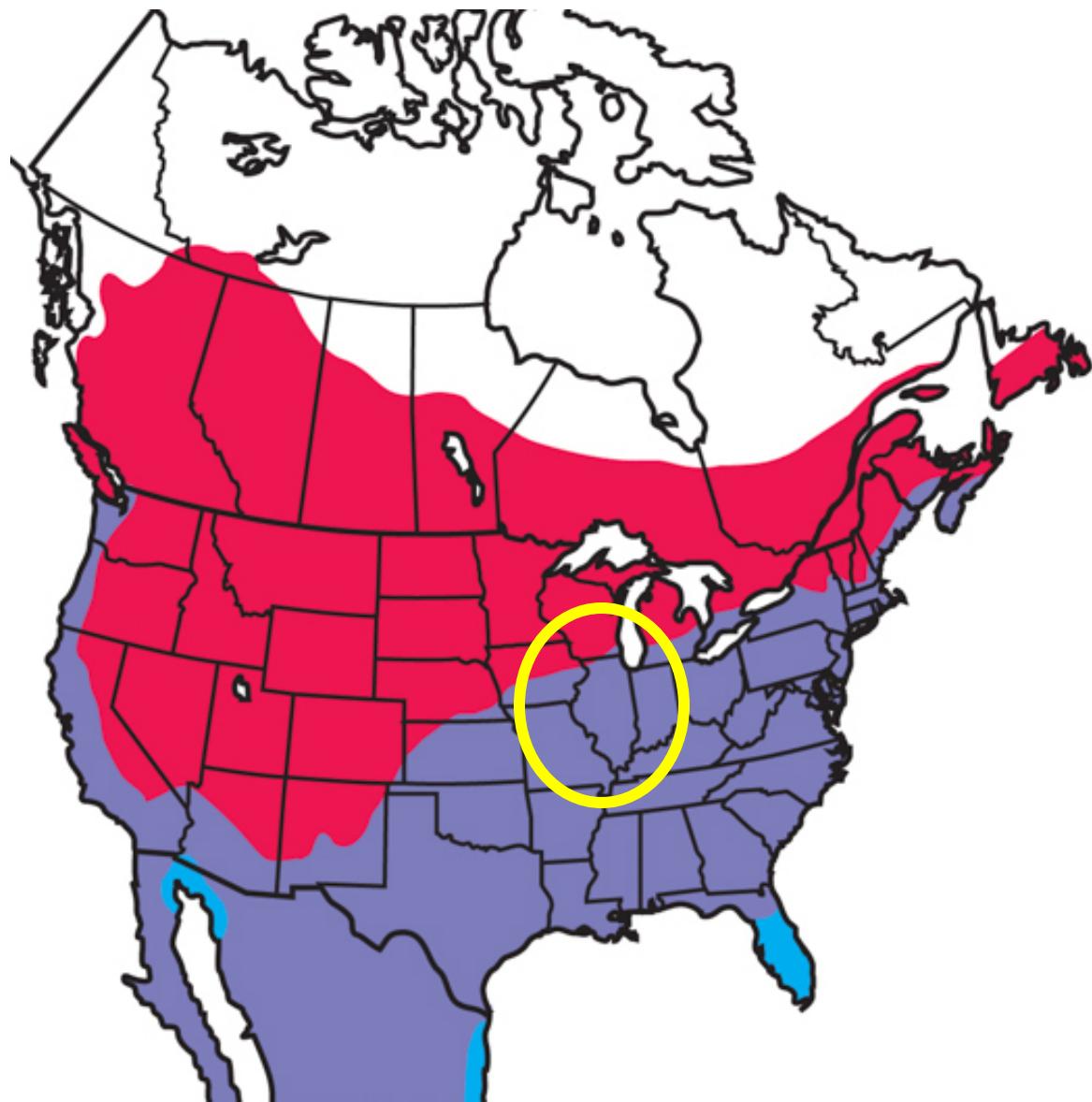


Tordo Negro parasitando a nido de Zorzalito maculado



Tordo Negro parasitando a nido de Zorzalito maculado

Tordo Negro, *Molothrus ater*

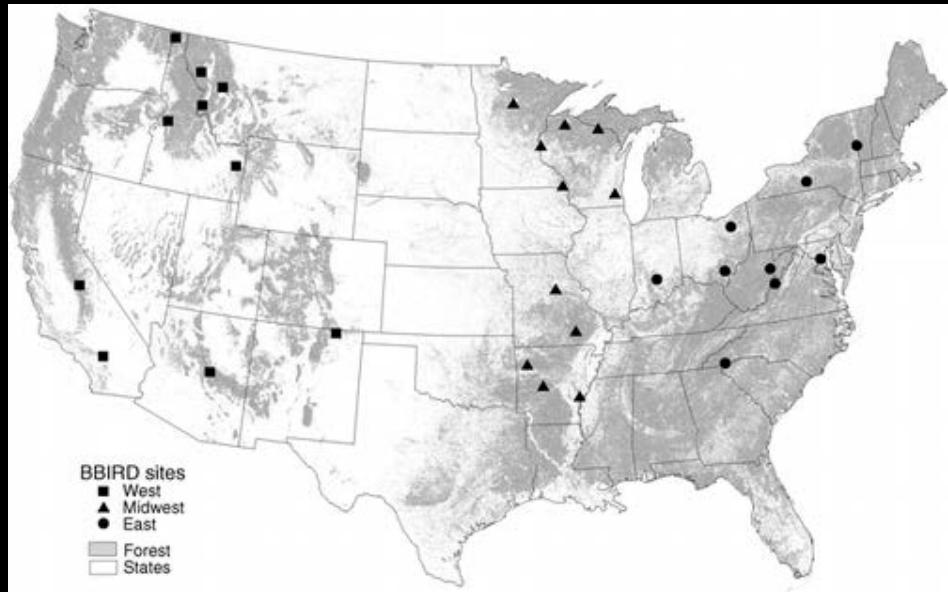


- All Seasons - Common
- All Seasons - Uncommon
- Breeding - Common
- Breeding - Uncommon
- Winter - Common
- Winter - Uncommon
- Migration - Common
- Migration - Uncommon

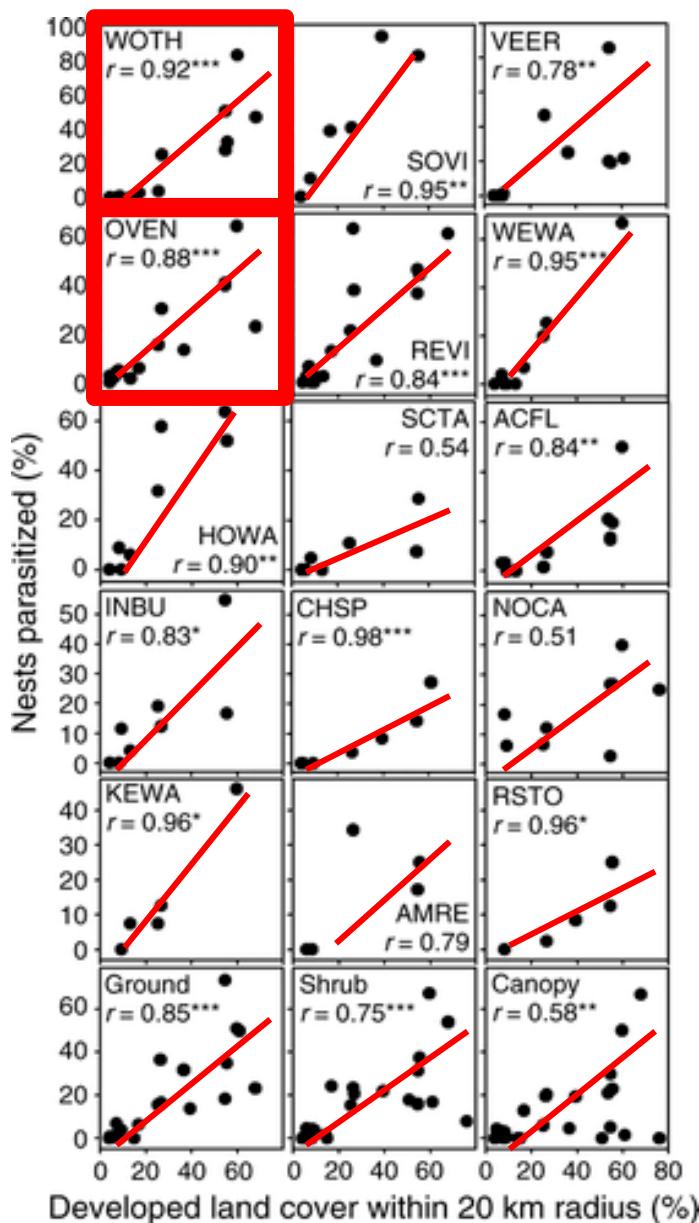
Una perspectivas continental de las fuentes-sumideros

Lloyd et al. 2005

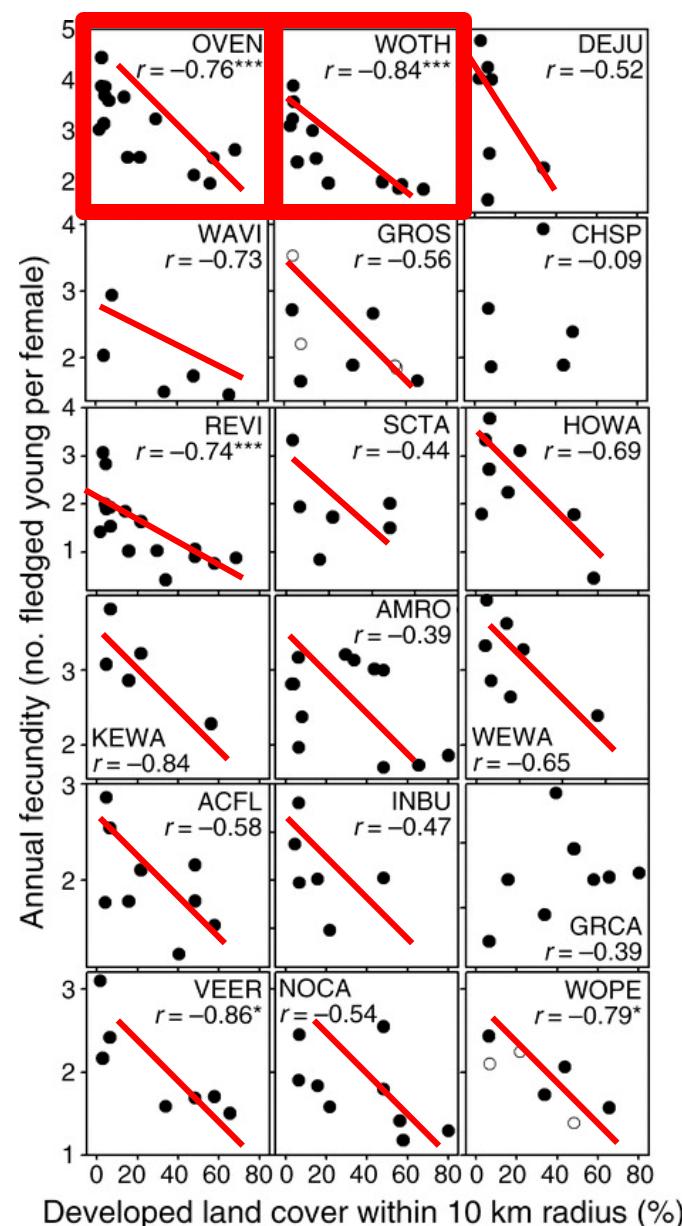
- Base de datos BBIRD
 - 30 sitios en US
 - Datos demográficos (λ)
- Percepción remota
 - Datos de cobertura del suelo

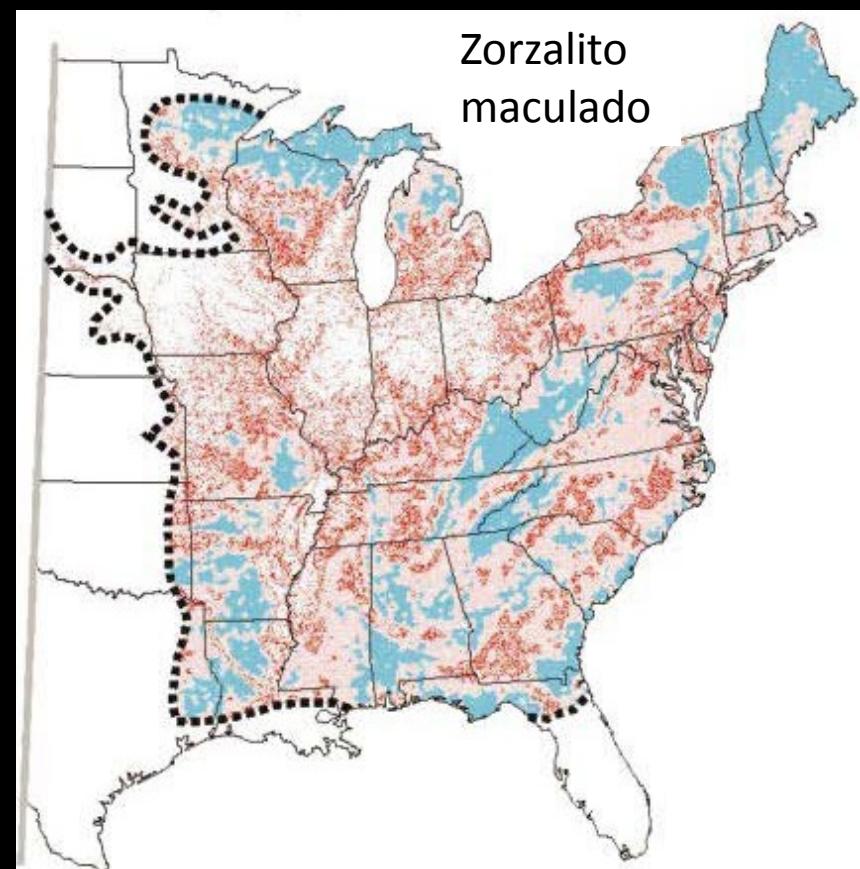
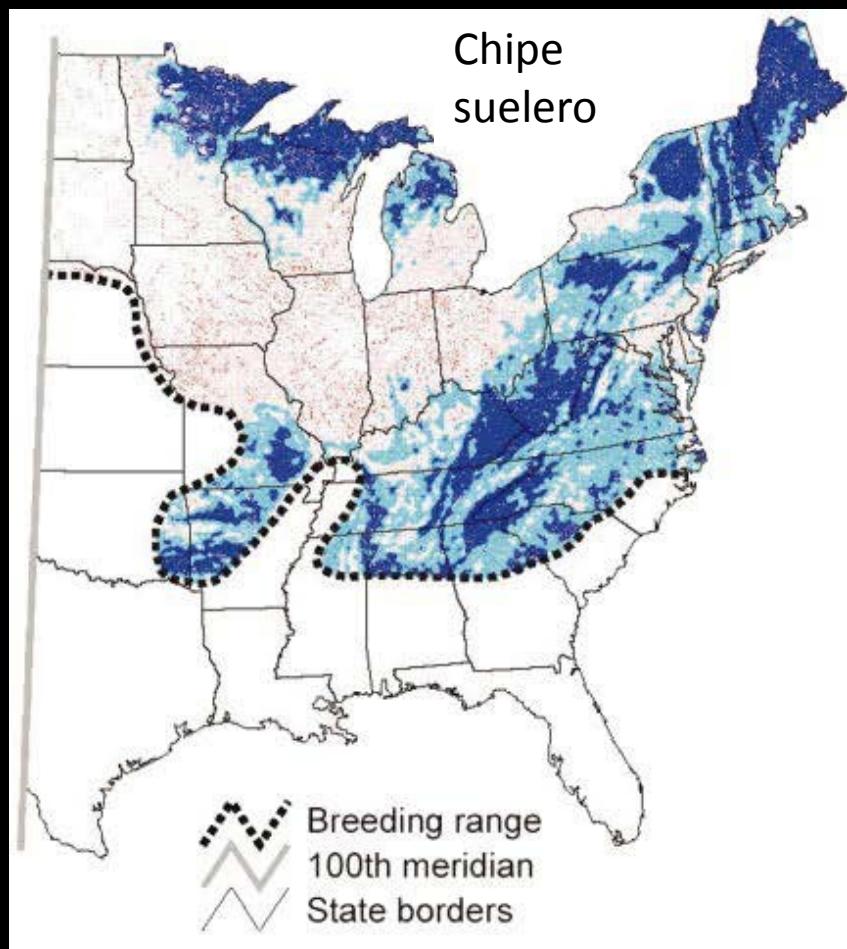


% Nidos Parasitados vs. % Cobertura desarrollo humano



Fecundidad anual vs. % Cobertura desarrollo humano





(Lloyd et al 2005)

**¿Quieren tener
aves migratorias
en Illinois?**



**!Tienen que
conservar las
poblaciones
fuente!**

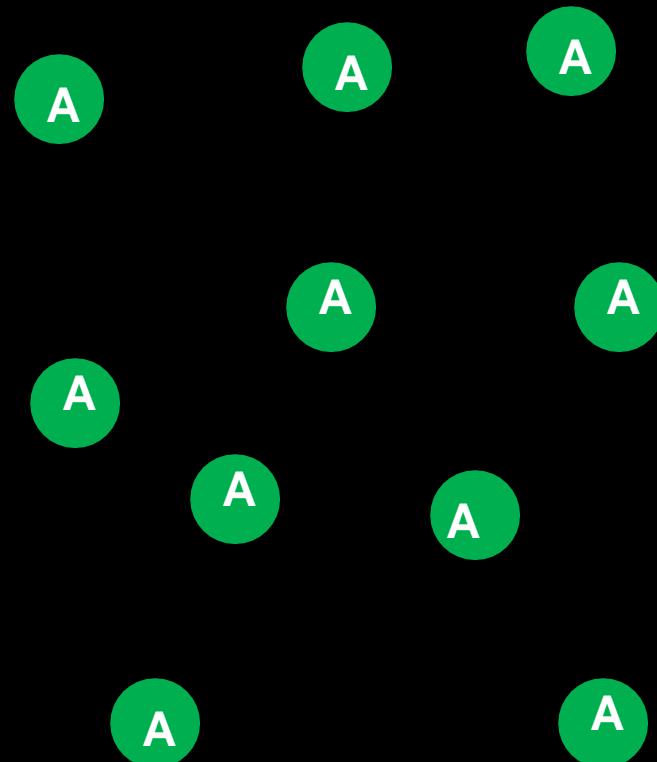
**!Hay que pensar en escalas
continentales!**

Dos Modelos de Metapoblaciones

- Modelo Fuente-Sumidero
 - Parches varían en calidad
- Modelo clásico
 - Parches no varían en calidad

Modelo clásico de Metapoblaciones

“p” es la fracción de parches ocupados por la especie A



En este ejemplo,

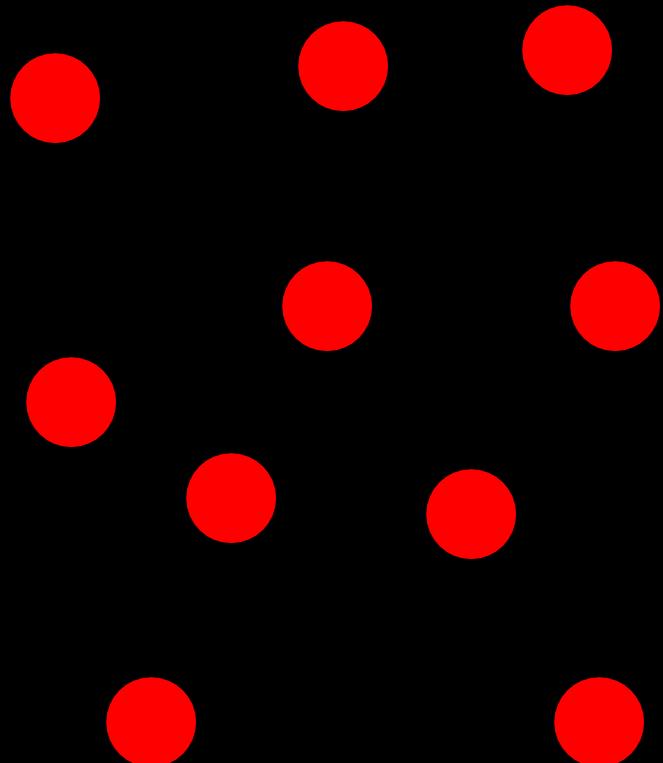
$$p = 1.0$$

Modelo clásico de Metapoblaciones

“p” es la fracción de parches ocupados por la especie A

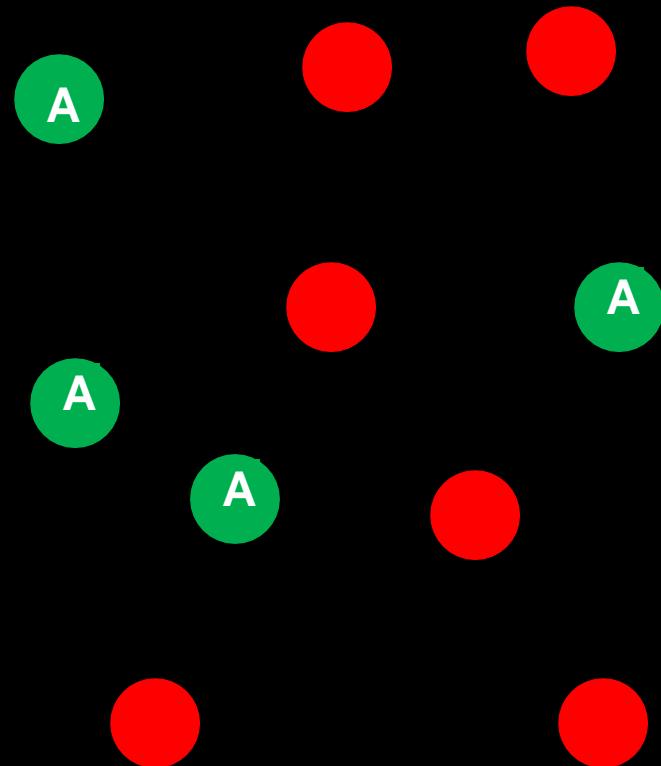
En este ejemplo,

$$p = 0.0$$



Modelo clásico de Metapoblaciones

“p” es la fracción de parches ocupados por la especie A



En este ejemplo,

$$p = 0.4$$

¿Cómo la proporción de parches ocupados (p) cambia a través del tiempo?

“p” incrementa si hay inmigración entre parches

I = tasa de inmigración
proporción de parches colonizados por la especie A por unidad de tiempo

“p” disminuye si las poblaciones se extinguen

E = tasa de extinción
proporción de parches en donde la especie A se extingue por unidad de tiempo

¿Cómo la proporción de parches ocupados (p) cambia a través del tiempo?

- Entonces:

$$dp/dt = I - E$$

Cambio en
la proporción
de parches
ocupados
por unidad
de tiempo

Proporción de
parches
recientemente
ocupados, menos
la proporción de
parches que se
extinguieron

¿Qué determina la tasa de inmigración?

1) Que tan efectiva es la especie en colonizar nuevos parches:

$$c = \text{tasa de colonización}$$

2) Número de individuos dispersándose depende en cuantos parches están ocupados por la especies (p)

3) Cuantos parches están disponibles ($1 - p$)

¿Qué determina la tasa de inmigración?

$$I = c p (1 - p)$$

The diagram illustrates the formula for immigration rate I . It features a central equation $I = c p (1 - p)$ where the term $(1 - p)$ is bracketed. Three arrows point from text labels below to the terms in the equation: one arrow points to the left from 'Proporción de parches recientemente ocupados' (recently occupied patches) to the first p ; another arrow points to the right from 'Proporción de parches disponibles' (available patches) to the bracketed term; a third arrow points upwards from 'Tasa de colonización' (colonization rate) to the c coefficient.

Proporción de parches recientemente ocupados

Tasa de colonización

Proporción de parches ocupados

Proporción de parches disponibles

Ejemplo

$$I = c p (1 - p)$$

Asumimos:
 $c = 1.0$

$p = 0.4$

Asumimos: 100 parches,
40 ocupados
entonces, $p = ?$

$$I =$$

Entonces, 24 parches vacíos
serán colonizados

¿Qué determina a la tasa de extinción “E”?

$$E = mp$$

Proporción
de parches
que se
extinguieron

Probabilidad de
extinción local
(*m* varia de 0 a 1)

Proporción
de parches
ocupados

Ejemplo

$$E = mp$$

Asumimos:
 $m = 0.25$

Asumimos:
100 parches,
40 ocupados
entonces, $p = ?$

$$p = 0.4$$

$$E =$$

Entonces, 10 parches
ocupados se extinguirán

¿Cómo la proporción de parches ocupados (p) cambia a través del tiempo?

$$\frac{dp}{dt} = I - E$$
$$\frac{dp}{dt} = \boxed{cp(1-p)} - \boxed{mp}$$

Proporción de parches recientemente ocupados Proporción de parches que se extinguieron

¿Cómo la proporción de parches ocupados (p) cambia a través del tiempo?

$$\frac{dp}{dt} = I - E$$

En los ejemplos anteriores:

$$\frac{dp}{dt} = 0.24 - 0.10$$

$$\frac{dp}{dt} = 0.14$$

Cambio: p incrementa por 0.14,
de 40 parches ocupados a 54

Equilibrio

- ¿Qué necesitamos para tener una población permanente y en equilibrio?
- Permanencia: $p > 0$
- En equilibrio: $\frac{dp}{dt} = 0$ $I = E$

¿Qué tiene que pasar para que $I = E$?

Equilibrio

$$I = E$$
$$\overbrace{cp(1-p)}^{\text{c p (1 - p)}} = \overbrace{mp}^{mp}$$

Ahora, hay que resolver para p en equilibrio, = \hat{p} :

$$\hat{p} = 1 - m/c$$

¿Qué tiene que pasar para que \hat{p} sea mayor que 0?

Equilibrio

Se necesita que:

$$c > m$$

Para que una especie persista en equilibrio, la tasa de colonización deber ser mayor que la tasa de extinción local

Importante

**En equilibrio, es casi imposible que todos los parches estén ocupados
($\hat{p} = 1.0$)**

porque m casi siempre es mayor que 0

$$\hat{p} = 1 - m/c$$

Dos Metapoblaciones

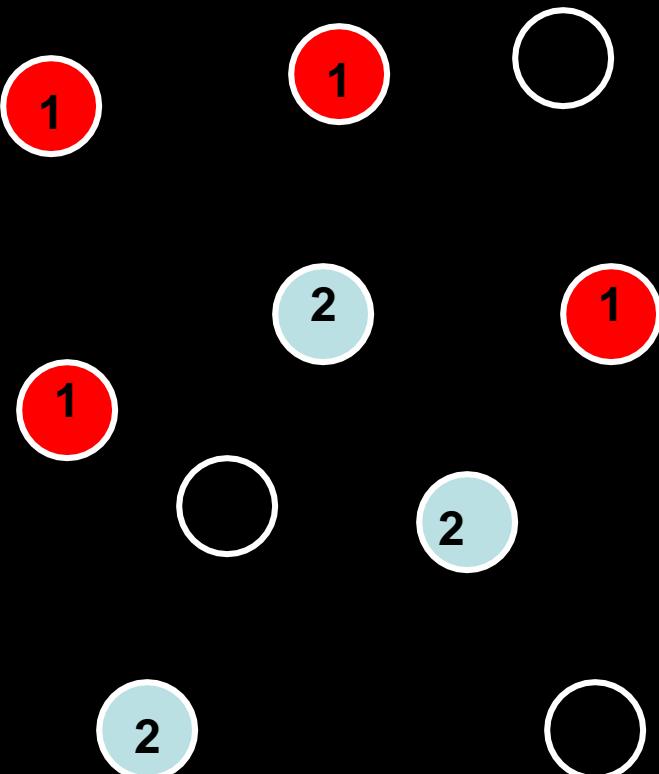
- **Imagínense a dos especies:**

Especie 1: mejor competidora siempre excluye a la Especie 2

Especie 2: peor competidora siempre es excluida por la Especie 1

Dos Metapoblaciones (Tilman 1996)

- ¿Pueden coexistir estas metapoblaciones?
- ¿Qué proporción de parches necesitan ocupar para que haya equilibrio?



Especie 1: Buena competidora

Se comporta como si la especie 2 no existiera!

$$\frac{dp_1}{dt} = \underbrace{l_1 - E_1}_{\begin{array}{c} \uparrow \\ dp_1/dt = c_1 p_1 (1-p_1) - m_1 p_1 \end{array}}$$

Proporción de
parches
recientemente
ocupados por
la Especie 1

Proporción de
parches que se
extinguieron de
la Especie 1

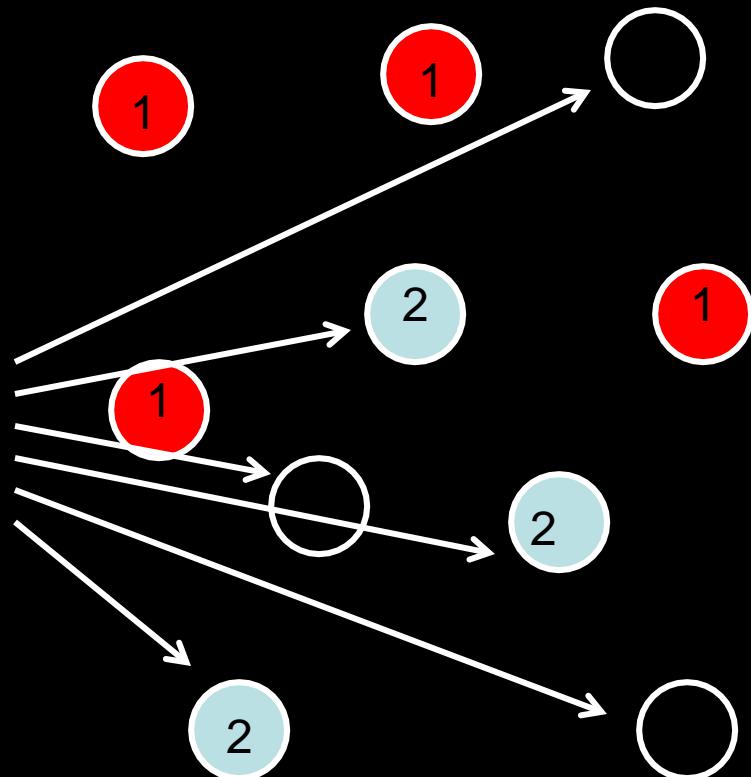
Especie 1: Buena competidora

Ocupados por Especie 1

$$p_1 = 4/10$$

Disponibles para Especie 1

$$(1-p_1) = 6/10$$



Especie 2: Peor competidora

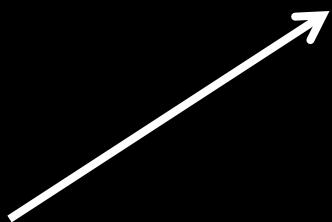
$$dp_2/dt = I_2 - E_2$$

$$I_2 = ???$$

Especie 2: Peor competidora

$$dp_2/dt = I_2 - E_2$$

$$I_2 = C_2$$

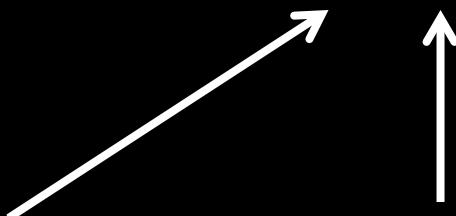


Tasa de
colonización de
la Especie 2

Especie 2: Peor competidora

$$dp_2/dt = I_2 - E_2$$

$$I_2 = c_2 p_2$$



Tasa de
colonización de
la Especie 2

Proporción
de parches
ocupados
por la
Especie 2

Especie 2: Peor competidora

$$dp_2/dt = I_2 - E_2$$

$$I_2 = c_2 p_2 (1 - p_2 - p_1)$$

Tasa de colonización de la Especie 2

Proporción de parches ocupados por la Especie 2

Proporción de parches disponibles para la Especie 2

Especie 2: Peor competidora

Ocupados por Especie 2

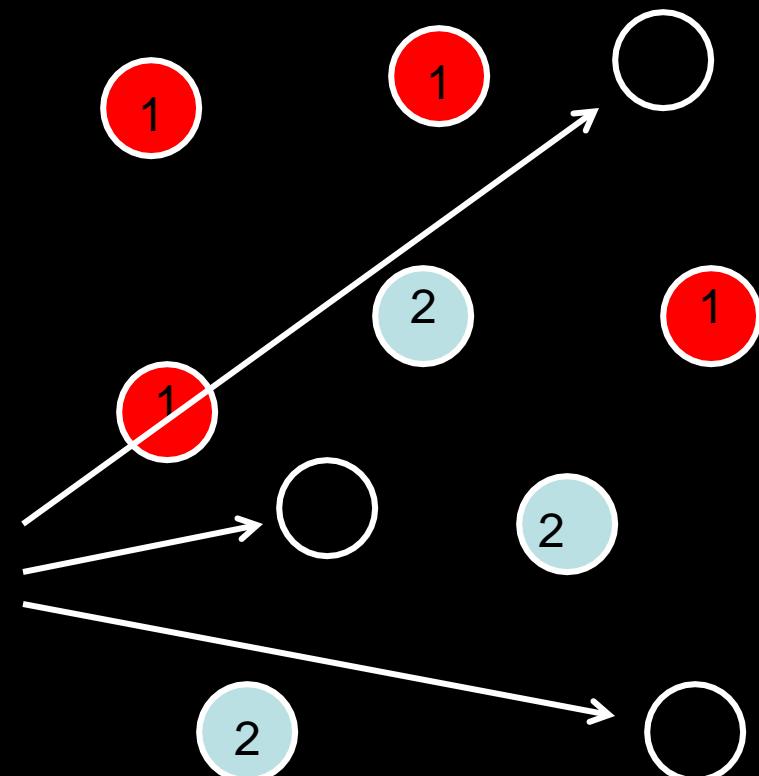
$$p_2 = 3/10$$

Ocupados por Especie 1

$$p_1 = 4/10$$

Disponibles para Especie 2

$$(1-p_1-p_2) = 3/10$$



Especie 2: Peor competidora

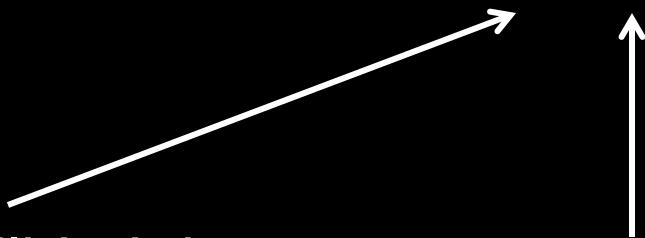
$$dp_2/dt = I_2 - E_2$$

$$E_2 = ???$$

Especie 2: Peor competidora

$$dp_2/dt = l_2 - E_2$$

$$E_2 = m_2 p_2$$



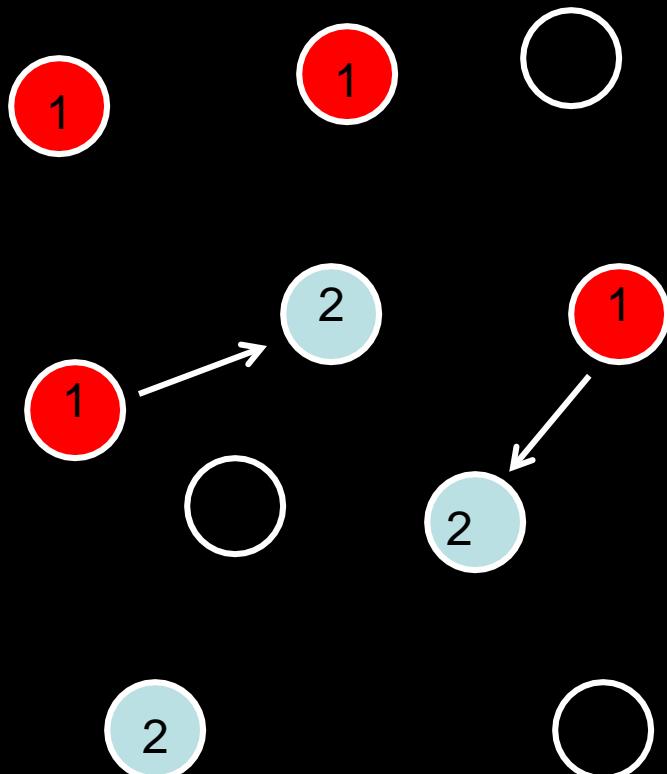
Probabilidad de
extinción de la
Especie 2

Proporción
de parches
ocupados

Especie 2: Peor competidora

La Especie 2 se
puede extinguir
por ella misma
(m_2)

O puede ser
excluida por
la Especie 1



Especie 2: Peor competidora

$$dp_2/dt = I_2 - E_2$$

$$E_2 = m_2 p_2 + \underbrace{(c_1 p_1) p_2}_{\uparrow}$$

Probabilidad de extinción de la Especie 2

Proporción de parches ocupados

↑
Proporción de parches ocupados por Especie 2, pero ahora capturados por la Especie 1

Especie 2: Peor competidora

$$dp_2/dt = I_2 - E_2$$

$$dp_2/dt = c_2 p_2 (1 - p_2 - p_1) - m_2 p_2 - (c_1 p_1)p_2$$

Se ve complicado, pero lo único que dice:

- 1) La Especie 2 SOLO PUEDE invadir parches donde no hay ninguna especie, y
- 2) La Especie 2 es excluida de cualquier parche que es colonizado por la Especie 1

Dos Metapoblaciones

Especie 1: mejor competidor

$$dp_1/dt = c_1 p_1 (1-p_1) - m_1 p_1$$

Especie 2: peor competidor

$$dp_2/dt = c_2 p_2 (1-p_2-p_1) - m_2 p_2 - (c_1 p_1)p_2$$

Co-existencia

- ¿Qué necesitamos para que las especies coexistan?
- Para especie 1: $c_1 > m_1$

*Tasa de colonización
tiene que ser mayor
a la tasa de extinción local*

Co-existencia

- ¿Qué necesita la Especie 2 para ocupar parches en un sistema en donde la Especie 1 esta presente?
 - Para ocupar parches:

$$dp_2/dt > 0$$

- Entonces:

$$c_2 p_2 (1 - p_2 - p_1) - m_2 p_2 - (c_1 p_1) p_2 > 0$$

Co-existencia

- Resolvemos para c_2 :

$$c_2 > c_1 (c_1 + m_2 - m_1) / m_1$$

- Asumimos que las tasa de extinción son iguales ($m_1 = m_2$)
- Entonces:

$$c_2 > c_1 (c_1 / m_1)$$

Co-existencia

- Entonces, para que la Especie 2 pueda ocupar parches:

$$c_2 > c_1 (c_1/m_1)$$

- Pero para que la Especie 1 persista:

$$c_1 > m_1$$

- Entonces, $c_2 > c_1 (1 + \dots)$

Co-existencia

Para que la Especie 2 pueda ocupar parches:

$$c_2 > c_1$$

Entonces, para que la Especie 2 coexista con la Especie 1, que es mejor competitora, La Especie 2 tiene que ser mejor colonizadora!

Co-existencia

- Coexistencia ocurre por un “TRADE-OFF”:

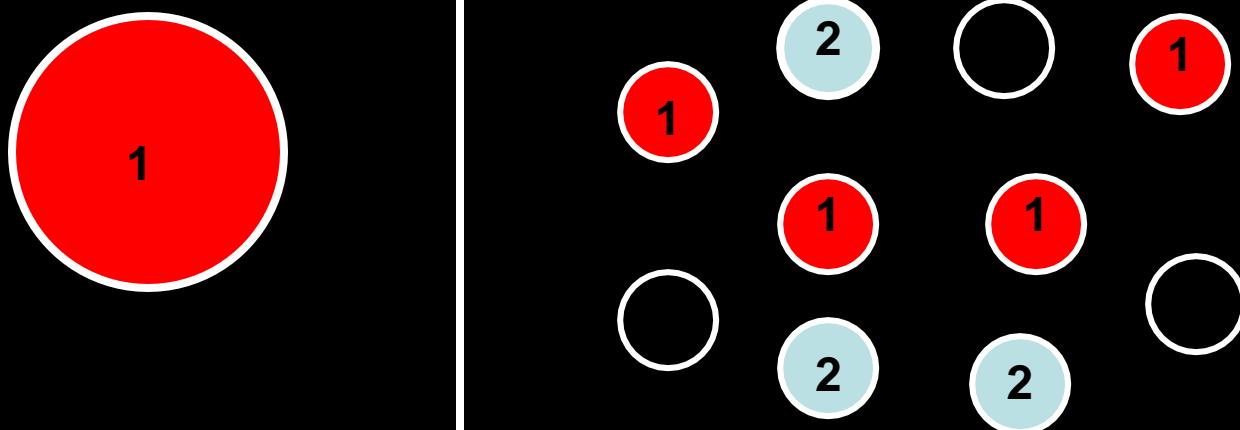
Especie 1: *Buena Competidora*
Mala Colonizadora

Especie 2: *Mala Competidora*
Buena Colonizadora

Conclusiones

Dos especies
no pueden
coexistir en un
solo parche

Pero pueden coexistir
en un grupo de
parches, donde
pueden formar
metapoblaciones



Conclusiones

- Muchas especies pueden coexistir en un grupo de parches, mientras tengan diferentes tasas de COMPETICIÓN y COLONIZACIÓN
- El modelo que acabamos de ver se llama “Modelo Espacial de Competencia”
 - Tilman (1994)
 - Simulaciones en computadora

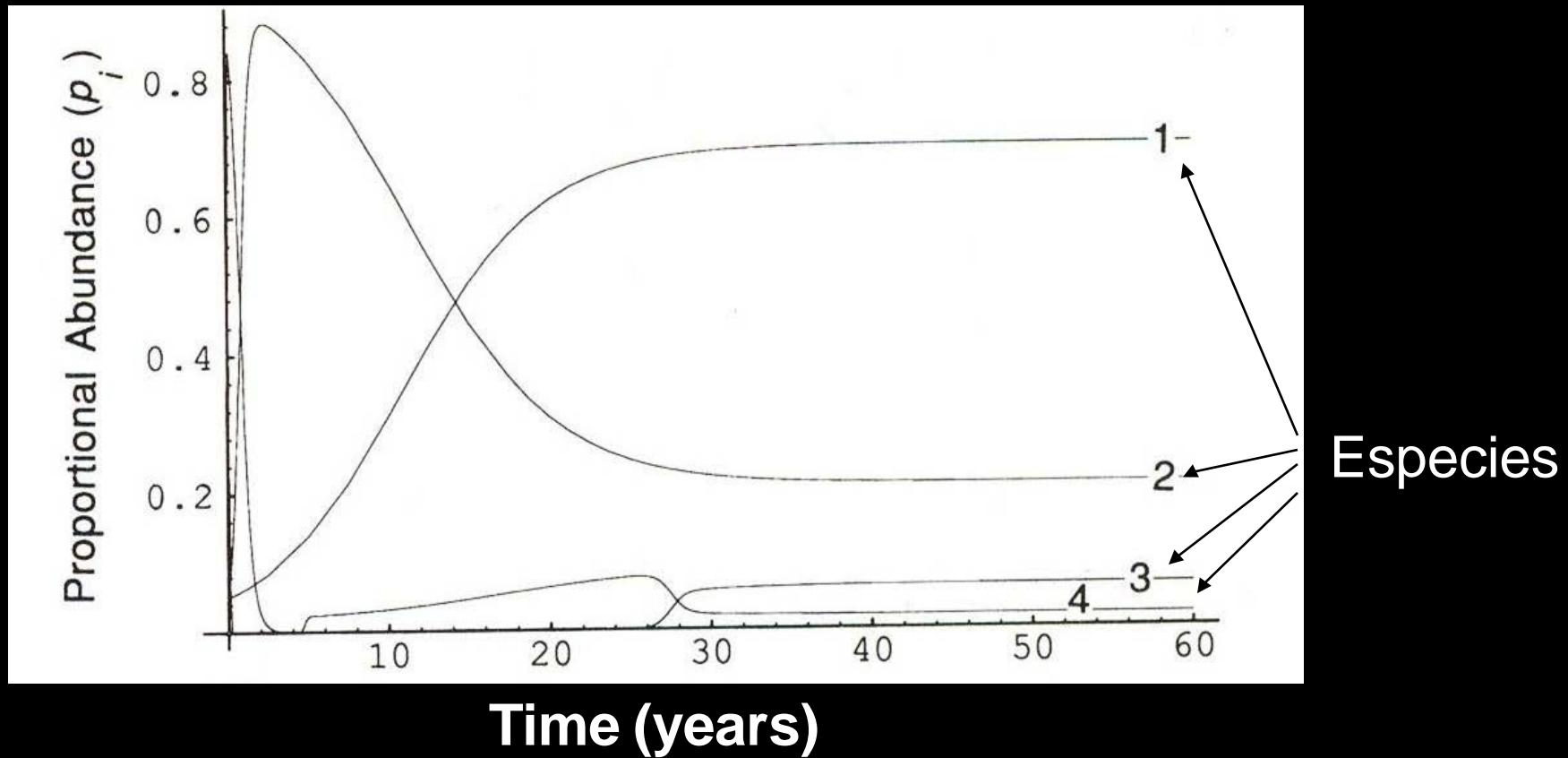
Modelo Espacial de Competencia de Tilman

Cuatro Species

Especie	Habilidad Competitiva	Habilidad de Colonización
1	1	4
2	2	3
3	3	2
4	4	1

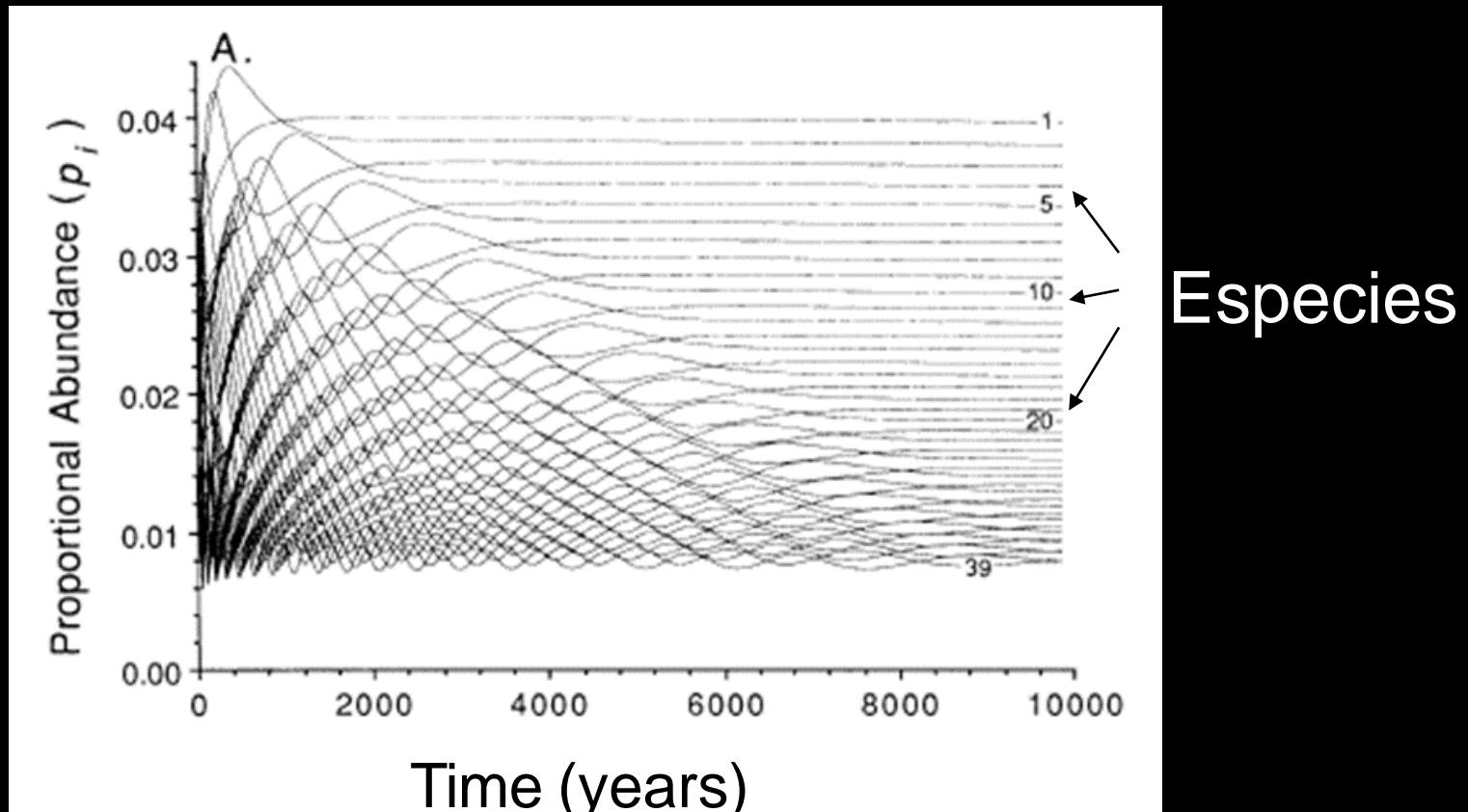
Modelo Espacial de Competencia de Tilman

Simulaciones de Computadora: 4 especies con diferentes tasas

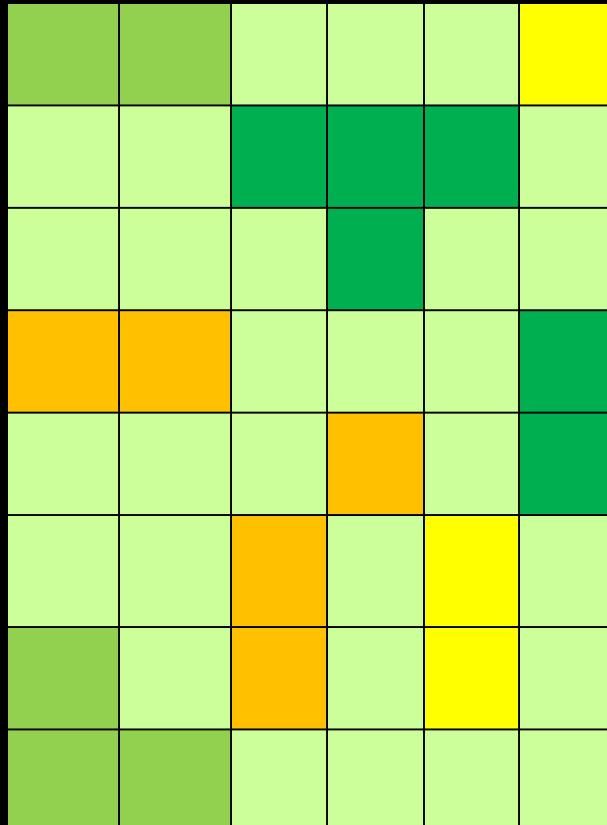


Modelo Espacial de Competencia de Tilman

Simulaciones de Computadora: 40 especies with diferentes tasas



Modelo Espacial de Competencia de Tilman



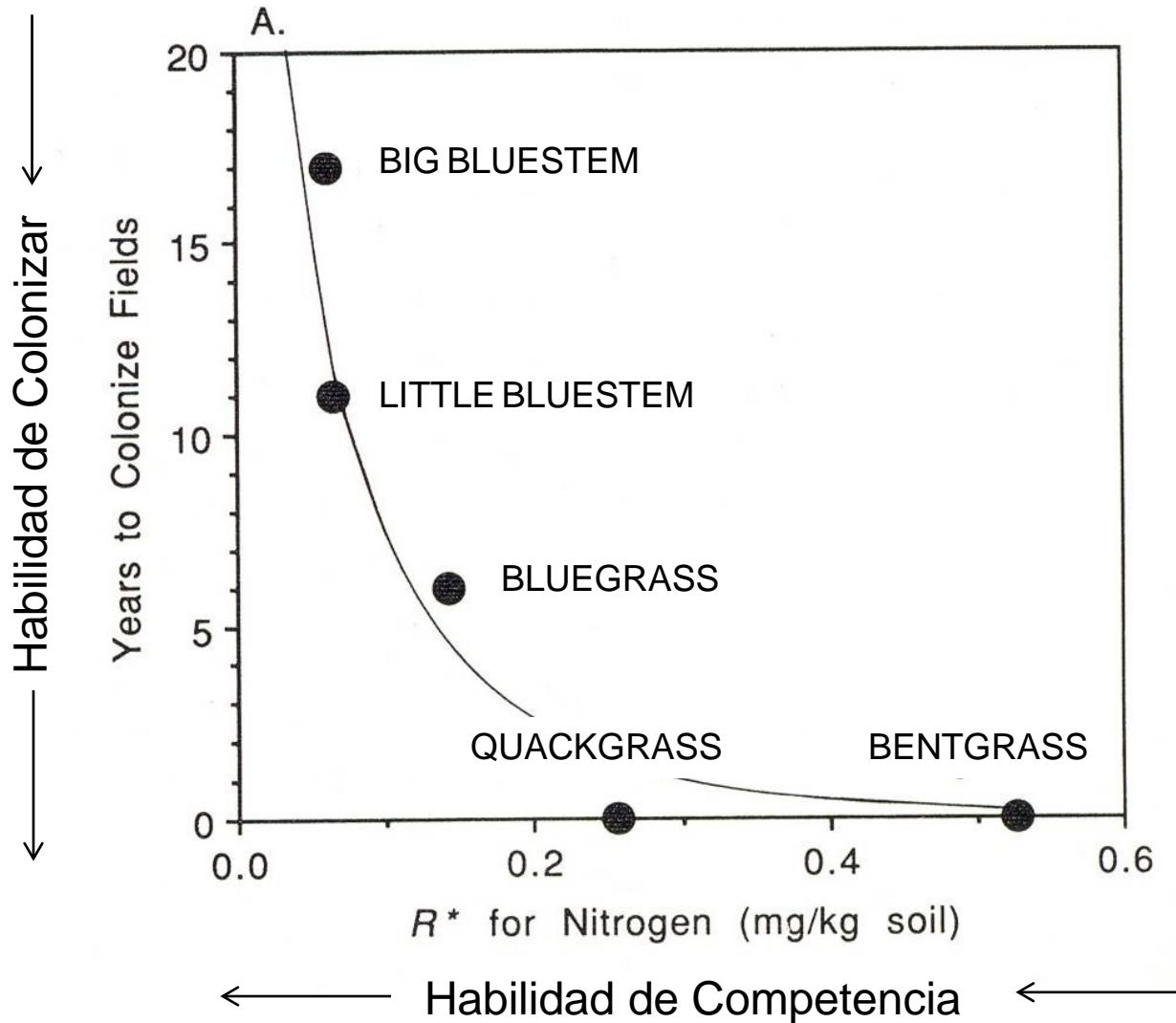
- Trabajó en praderas
- Dividió las praderas en parches
- Las especies de pastos tenían que dispersarse entre parches





¿Cómo es posible que estas especies coexistan?

Diferencias en cinco especies de pastos de pradera coexistiendo (Tilman 1994)



Metapoblaciones

- Modelo Fuente-Sumidero
 - Parches varían en calidad
- Modelo clásico
 - Parches no varían en calidad