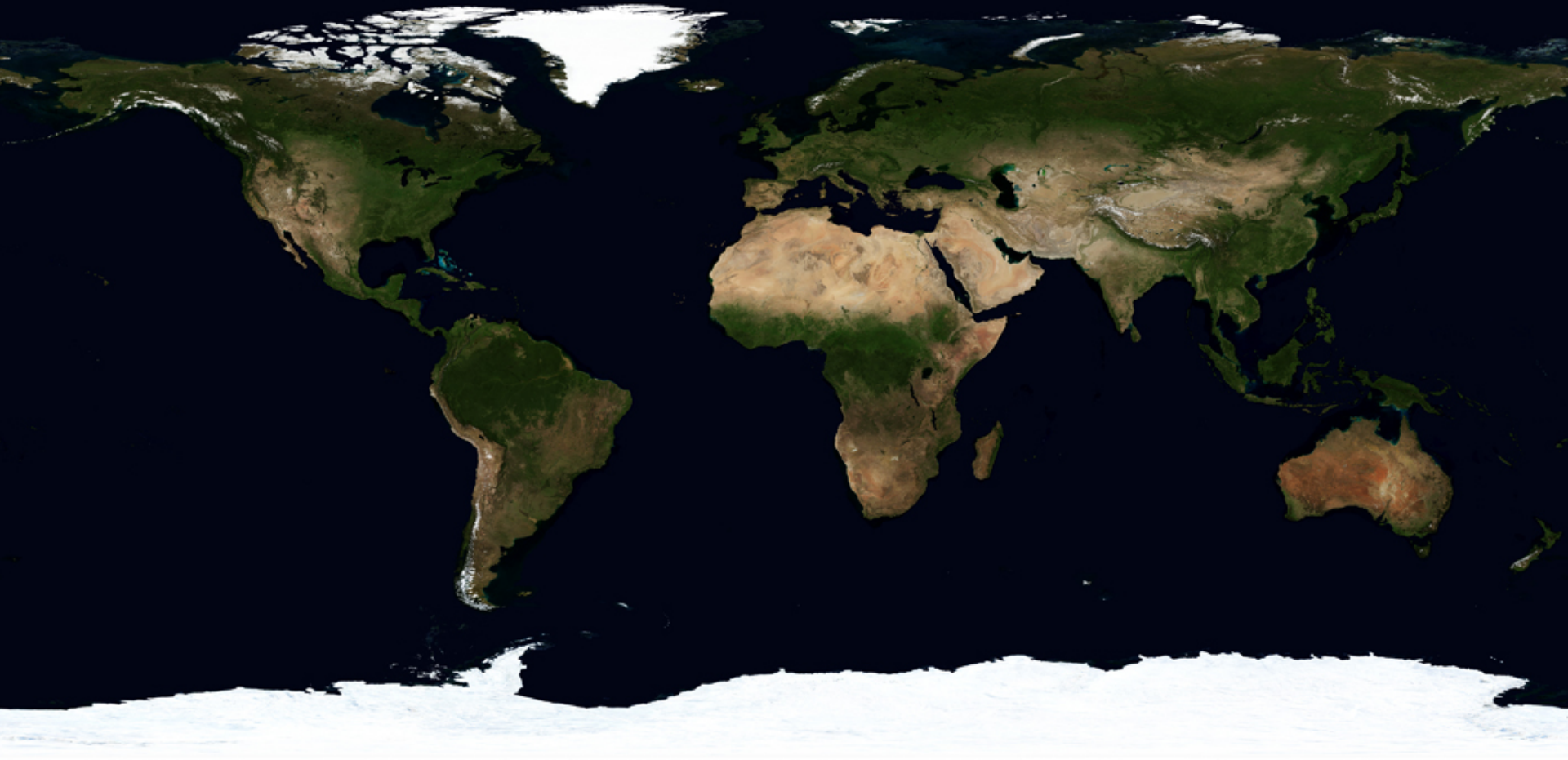


Ecología de Comunidades

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 1

ESPECIE X

Parche 3

ESPECIE X

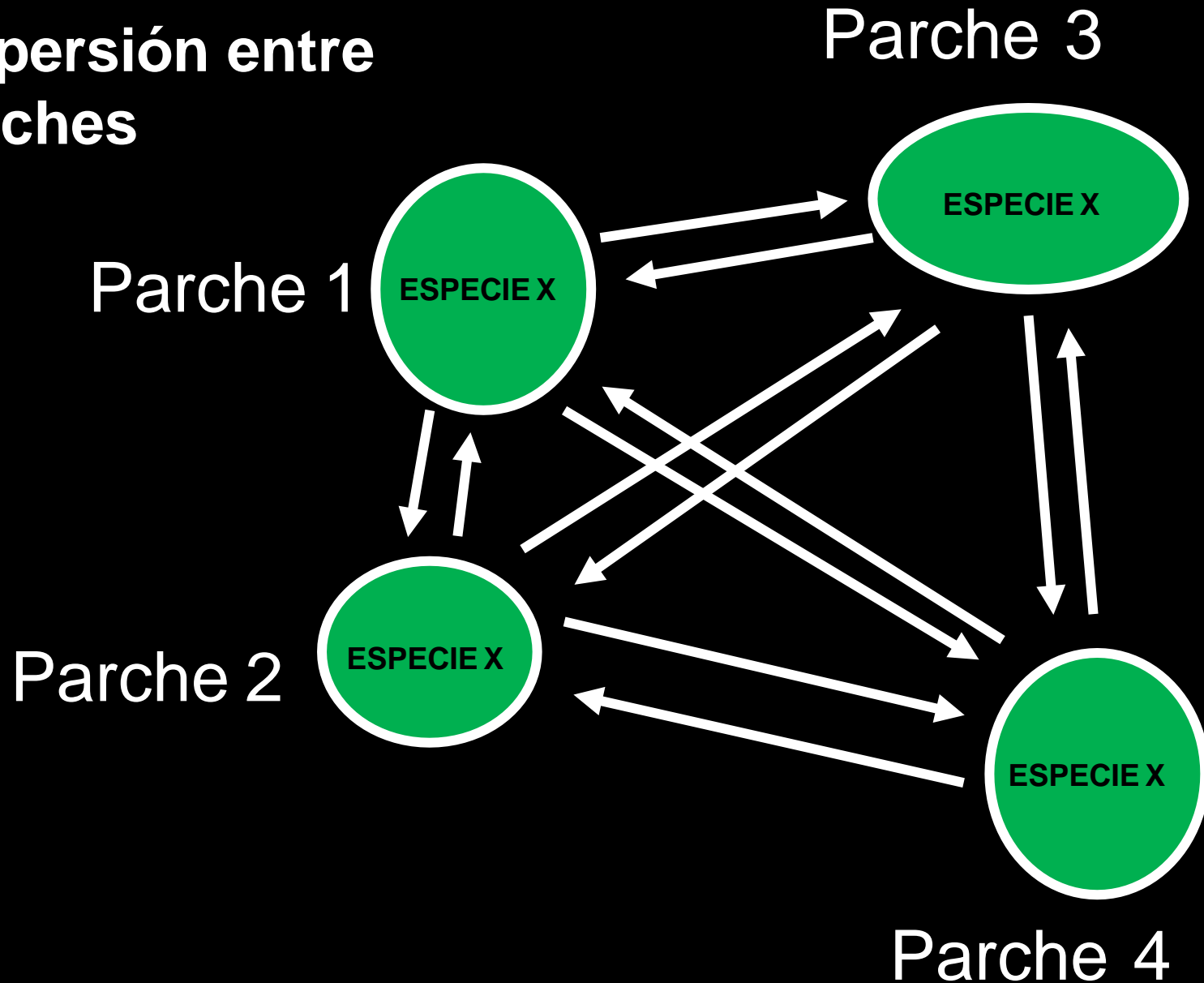
Parche 2

ESPECIE X

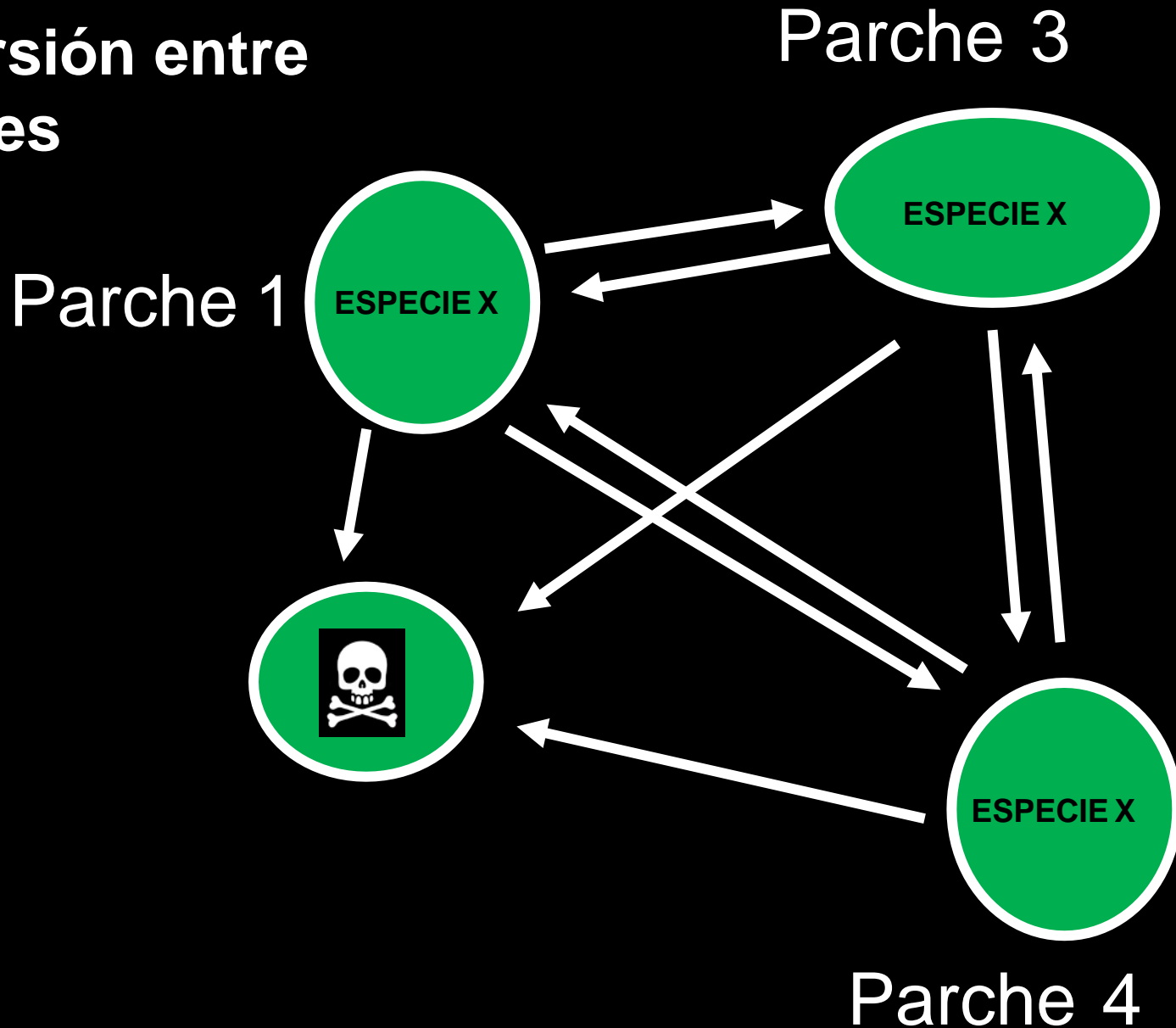
ESPECIE X

Parche 4

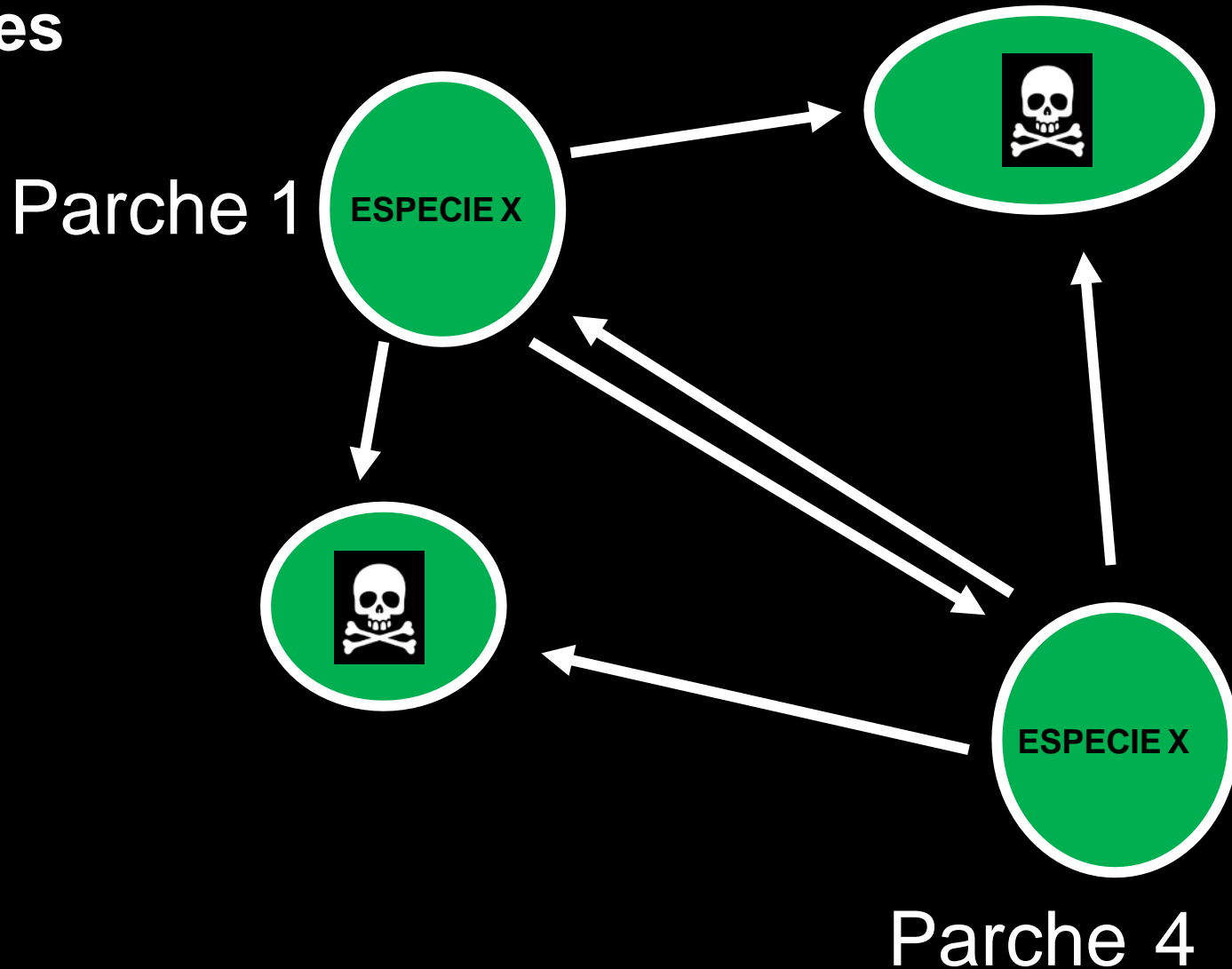
**Flechas indican
dispersión entre
parches**



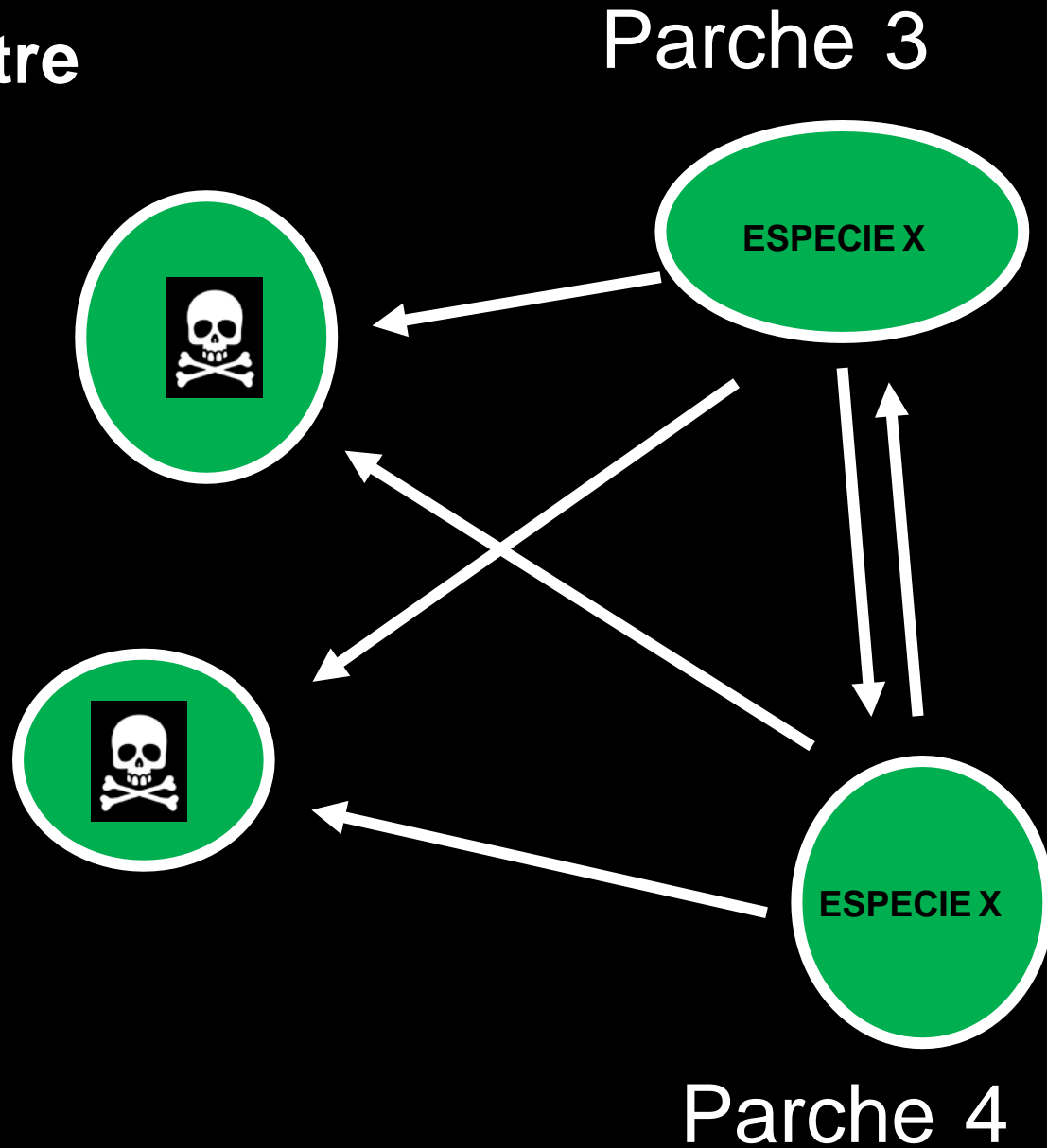
**Flechas indican
dispersión entre
parches**



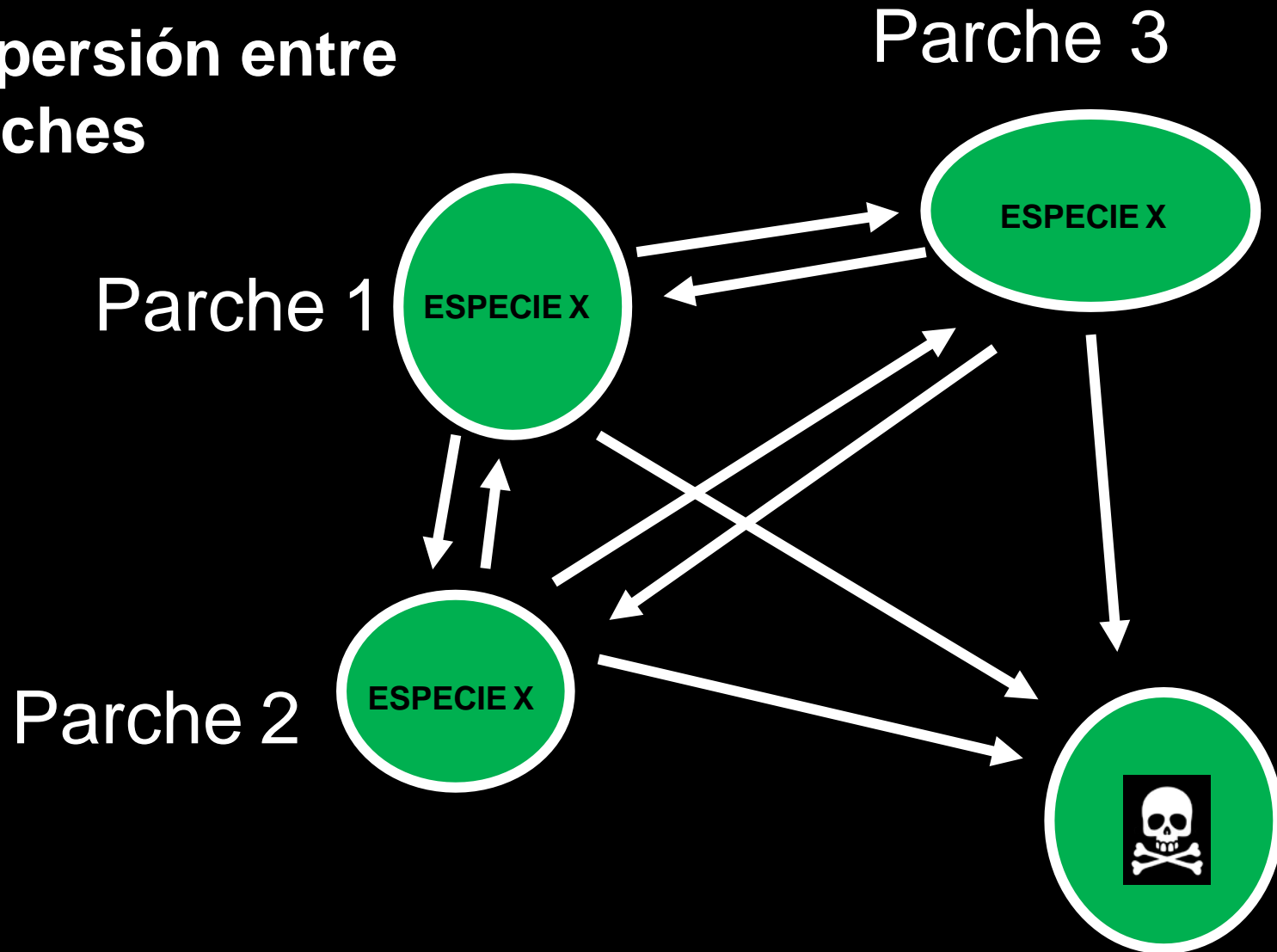
**Flechas indican
dispersión entre
parches**



**Flechas indican
dispersión entre
parches**



**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

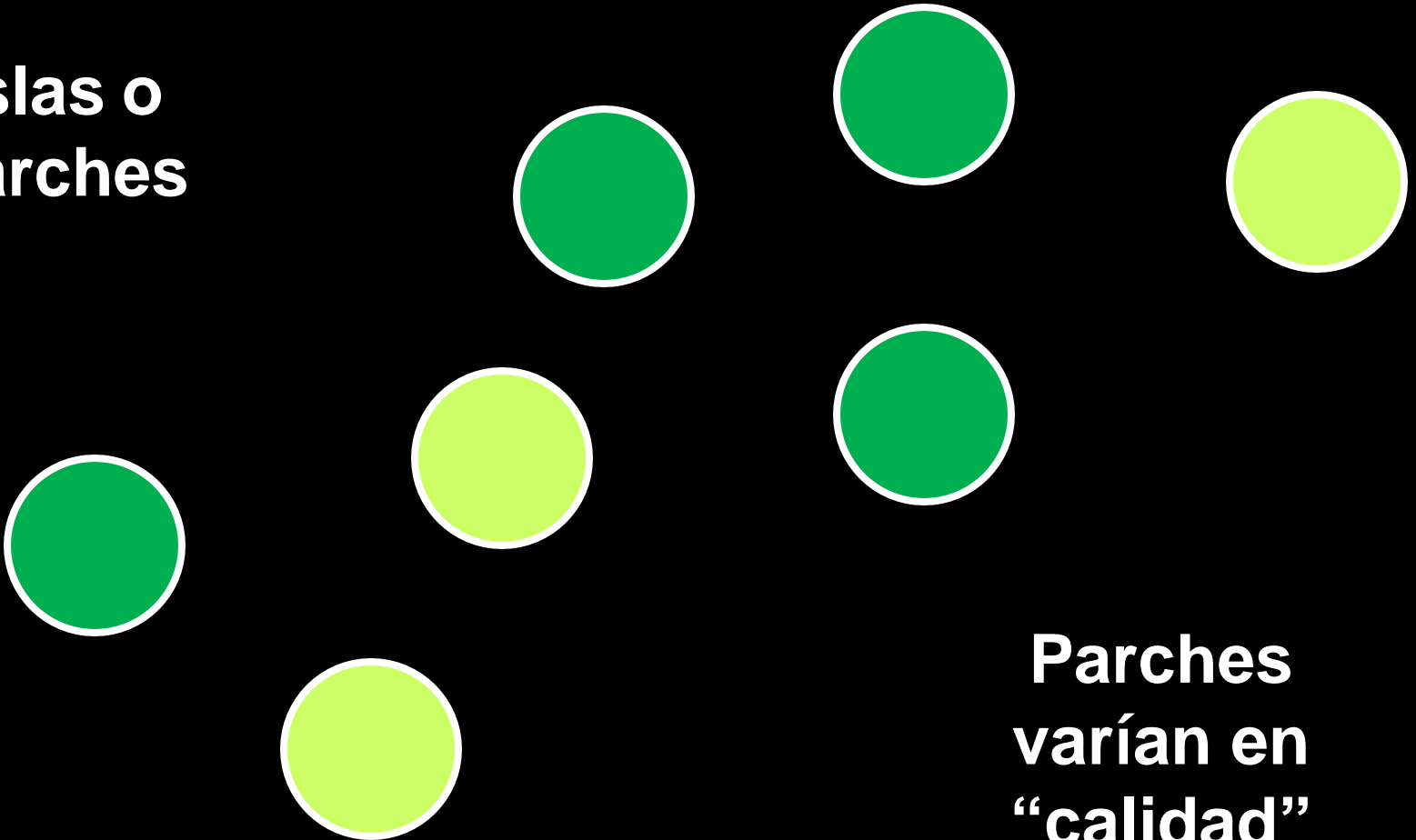
(Modelo del efecto de masa)

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



Parches
varían en
“calidad”

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)

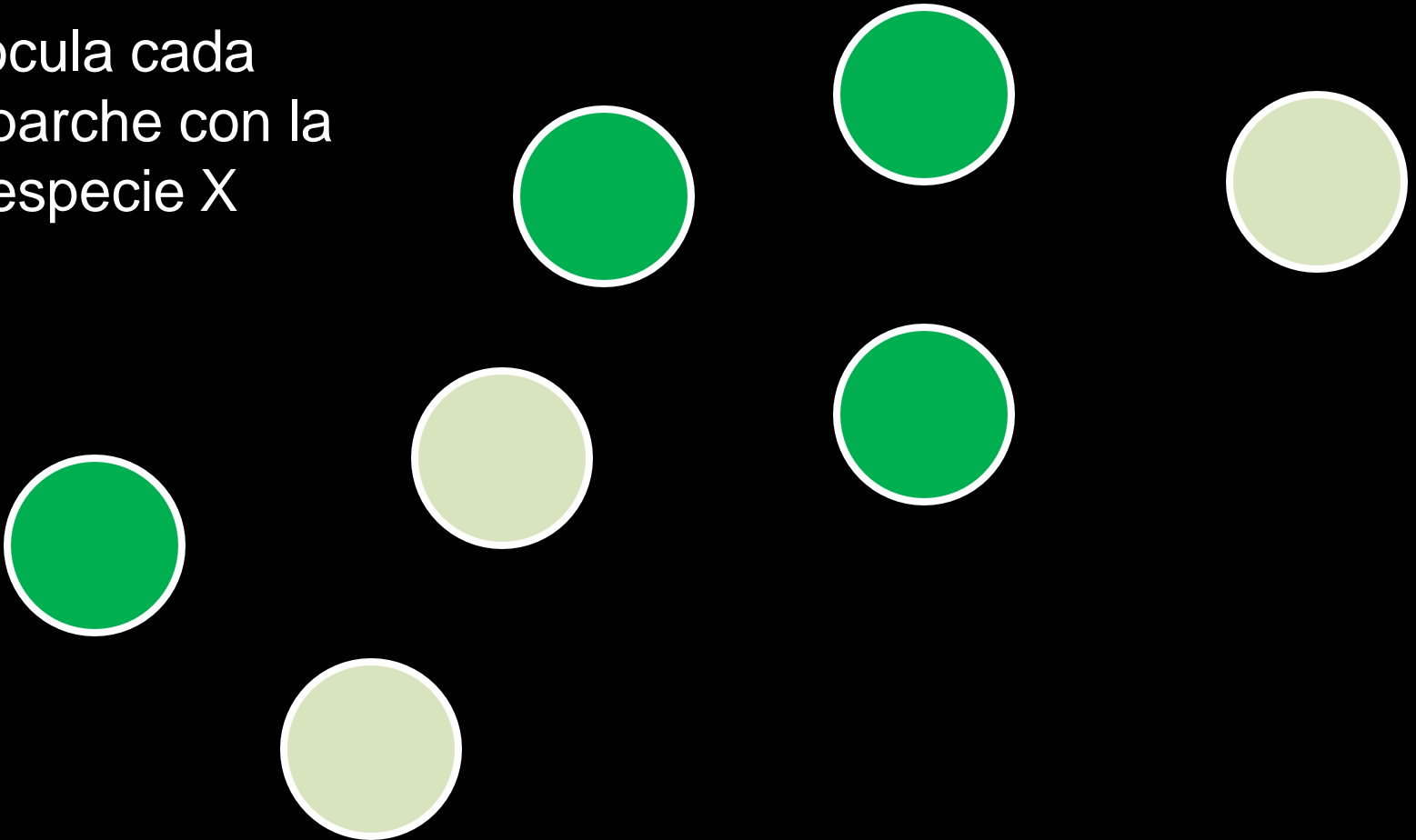
Si $\lambda = 1$, población es constante

Si $\lambda > 1$, población esta creciendo

Si $\lambda < 1$, población esta declinando

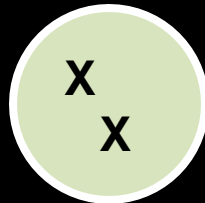
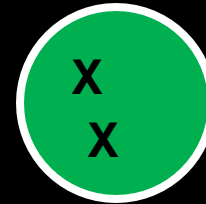
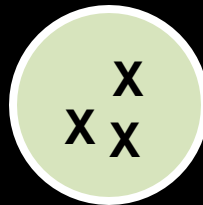
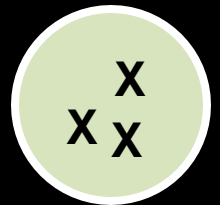
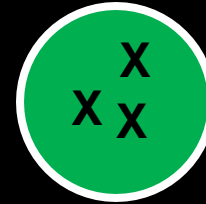
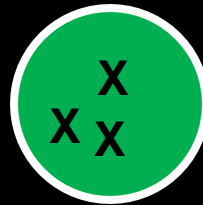
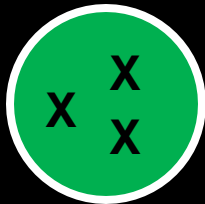
Calidad del hábitat en cada parche para la “especie X”

Inocula cada
parche con la
especie X

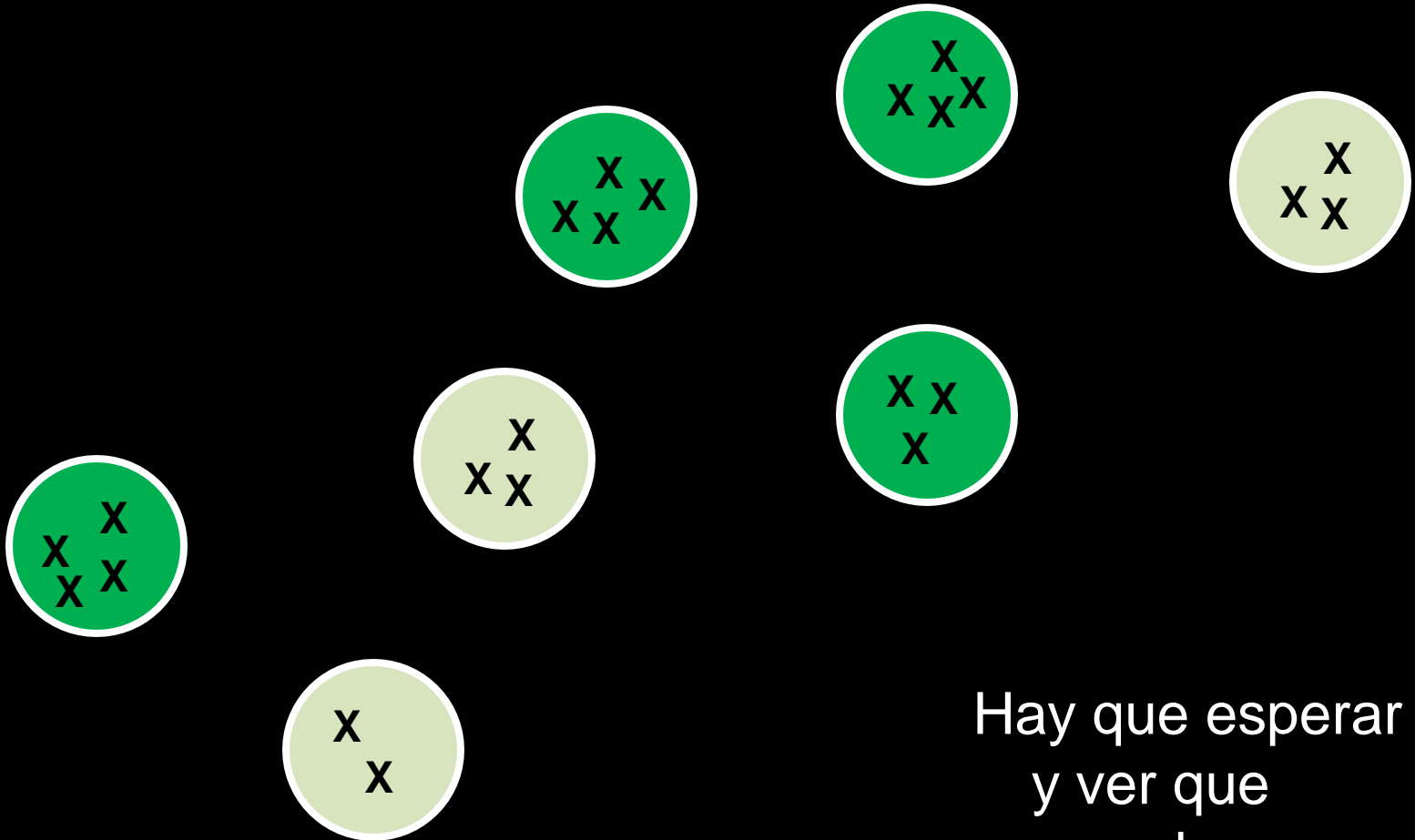


Calidad del hábitat en cada parche para la “especie X”

Inocula cada
parche con la
especie X

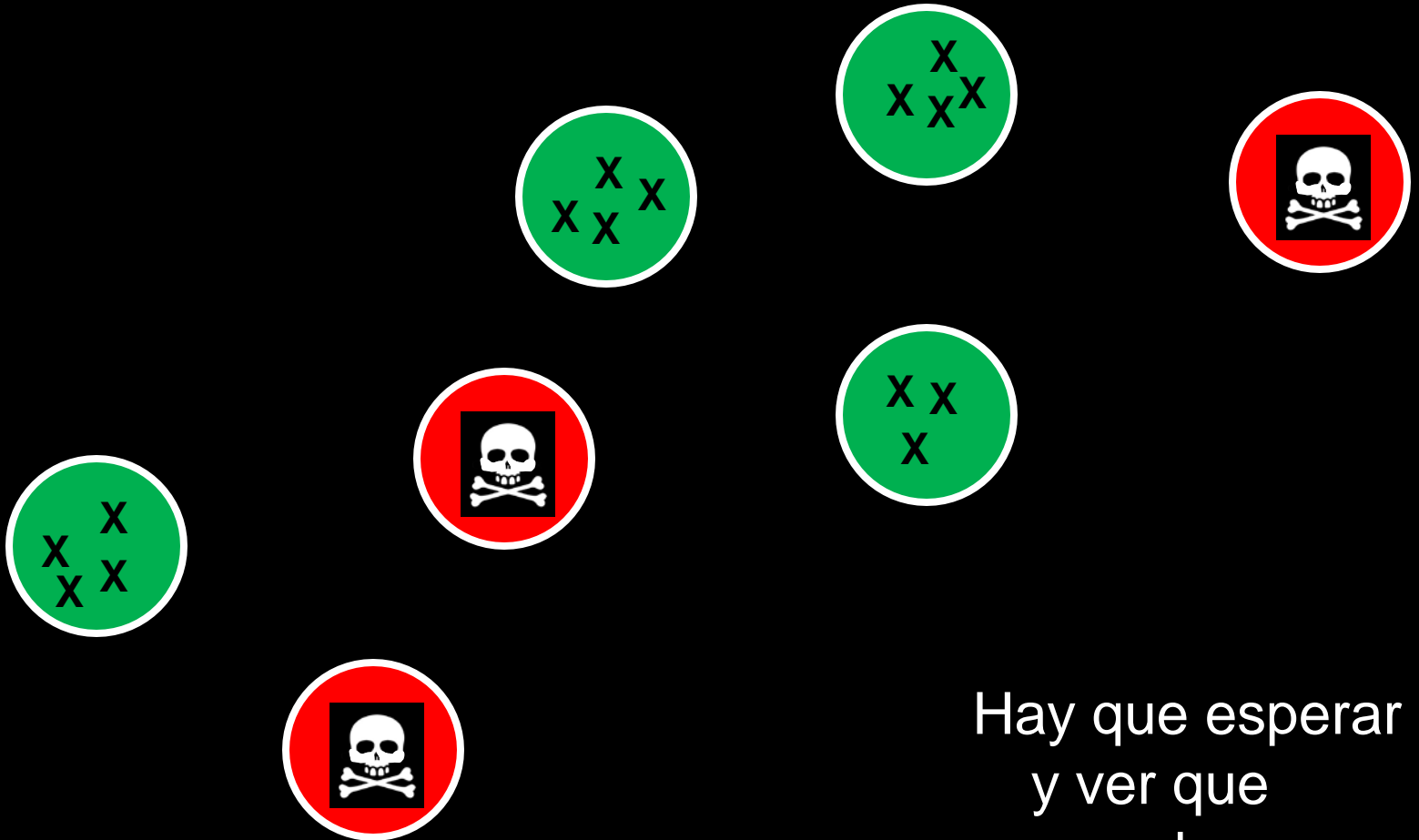


Calidad del hábitat en cada parche para la “especie X”



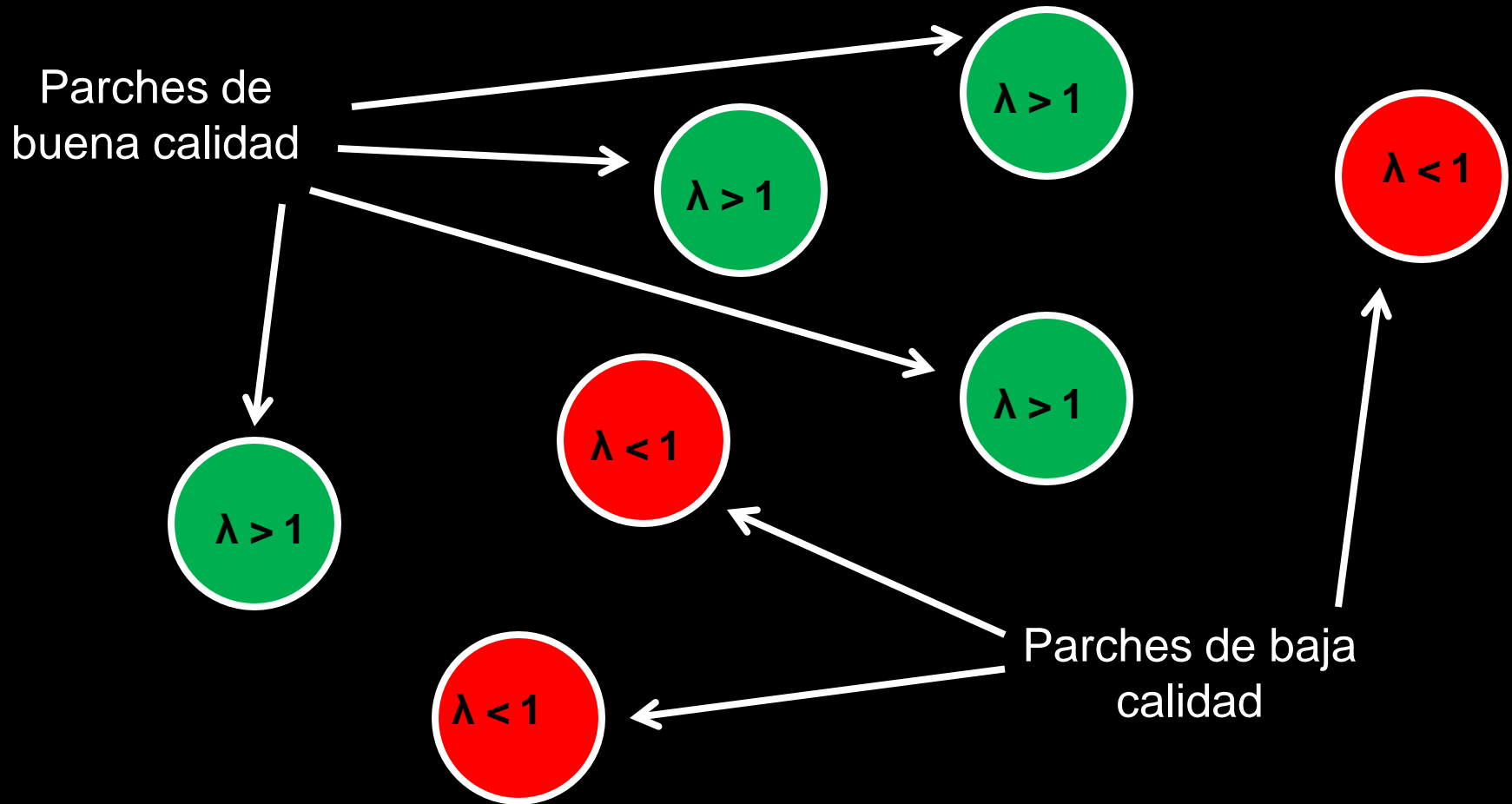
Hay que esperar
y ver que
sucede

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



Hay que esperar
y ver que
sucede

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



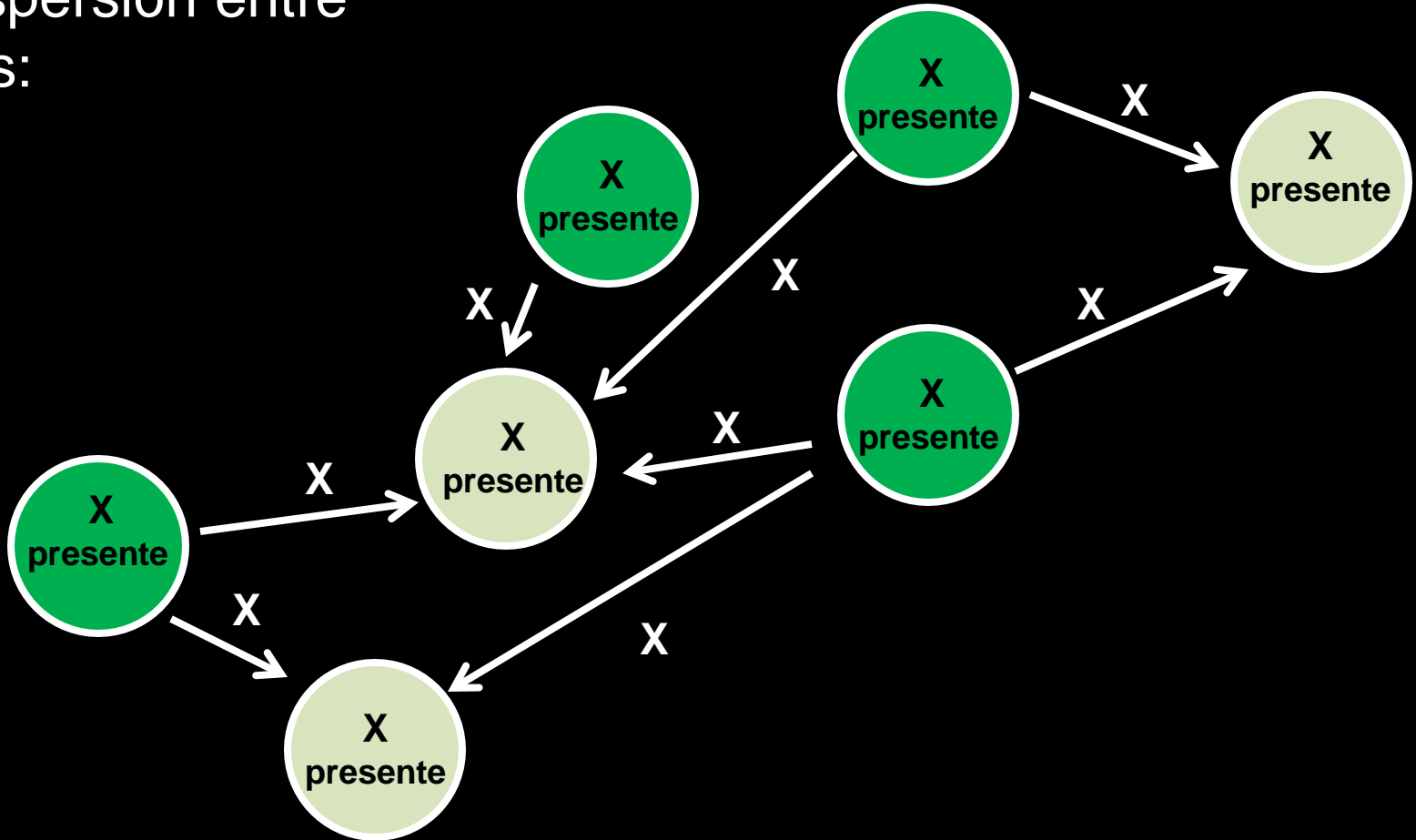
Sin Dispersión

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



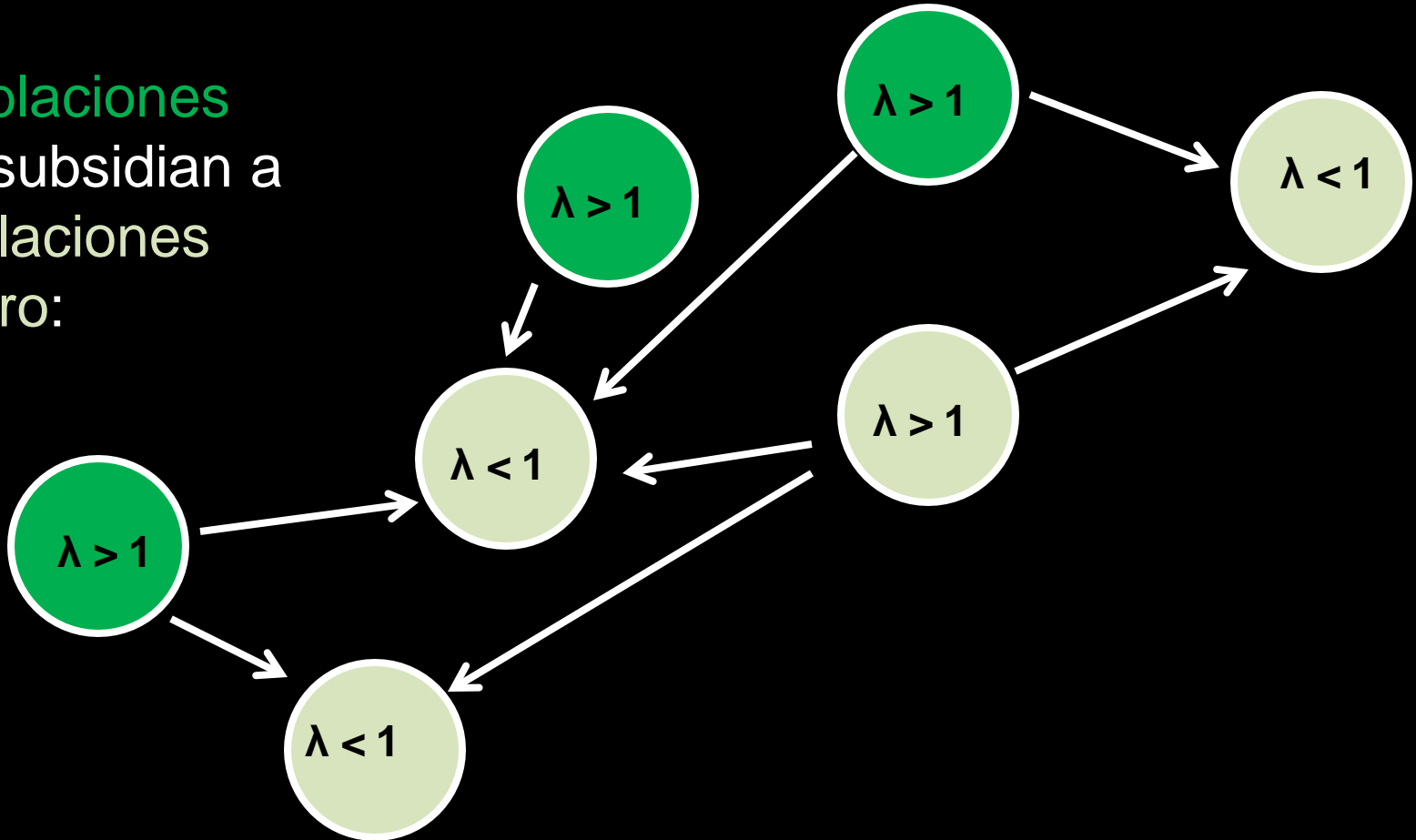
Con Dispersión

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



Sapo Americano
(Bufo americanus)

Asumiendo NO dispersión

Los
humedales
pequeños
no pueden
mantener
sapos



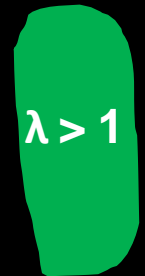
$\lambda < 1$



$\lambda > 1$



$\lambda < 1$



$\lambda > 1$



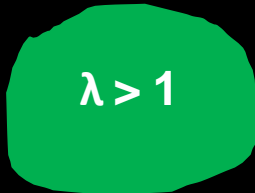
$\lambda < 1$



$\lambda < 1$



$\lambda > 1$



$\lambda > 1$



$\lambda > 1$



$\lambda < 1$



$\lambda < 1$

Asumiendo NO dispersión

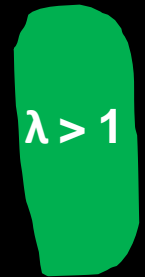
Los
humedales
pequeños
no pueden
mantener
sapos



$\lambda < 1$



$\lambda > 1$



$\lambda > 1$

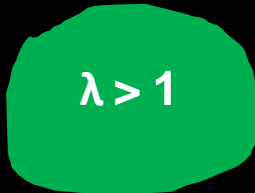


$\lambda < 1$

$\lambda < 1$



$\lambda < 1$



$\lambda > 1$



$\lambda > 1$



$\lambda > 1$



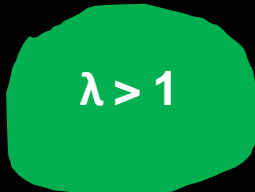
$\lambda < 1$



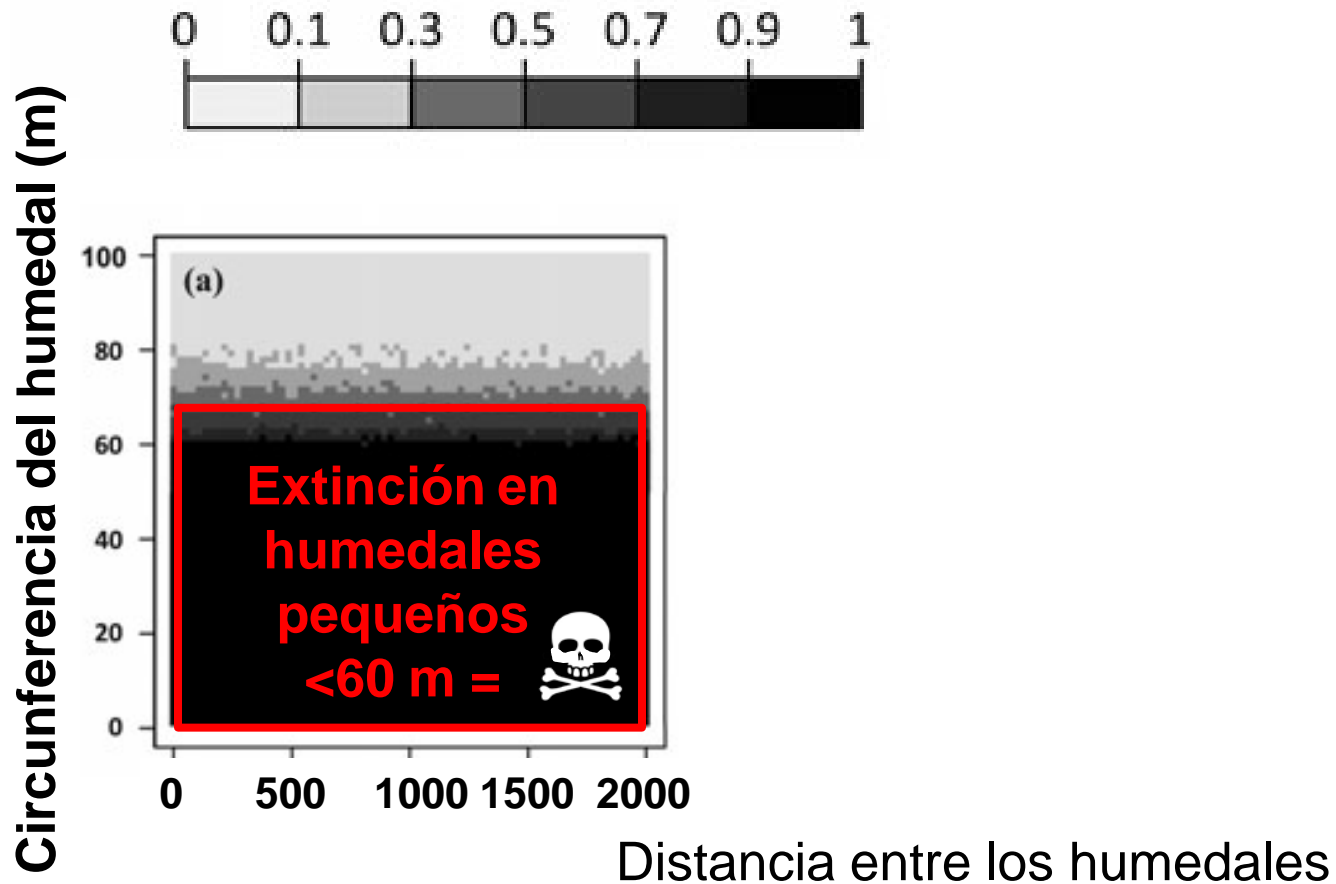
$\lambda < 1$

Asumiendo NO dispersión

Los
humedales
pequeños
no pueden
mantener
sapos



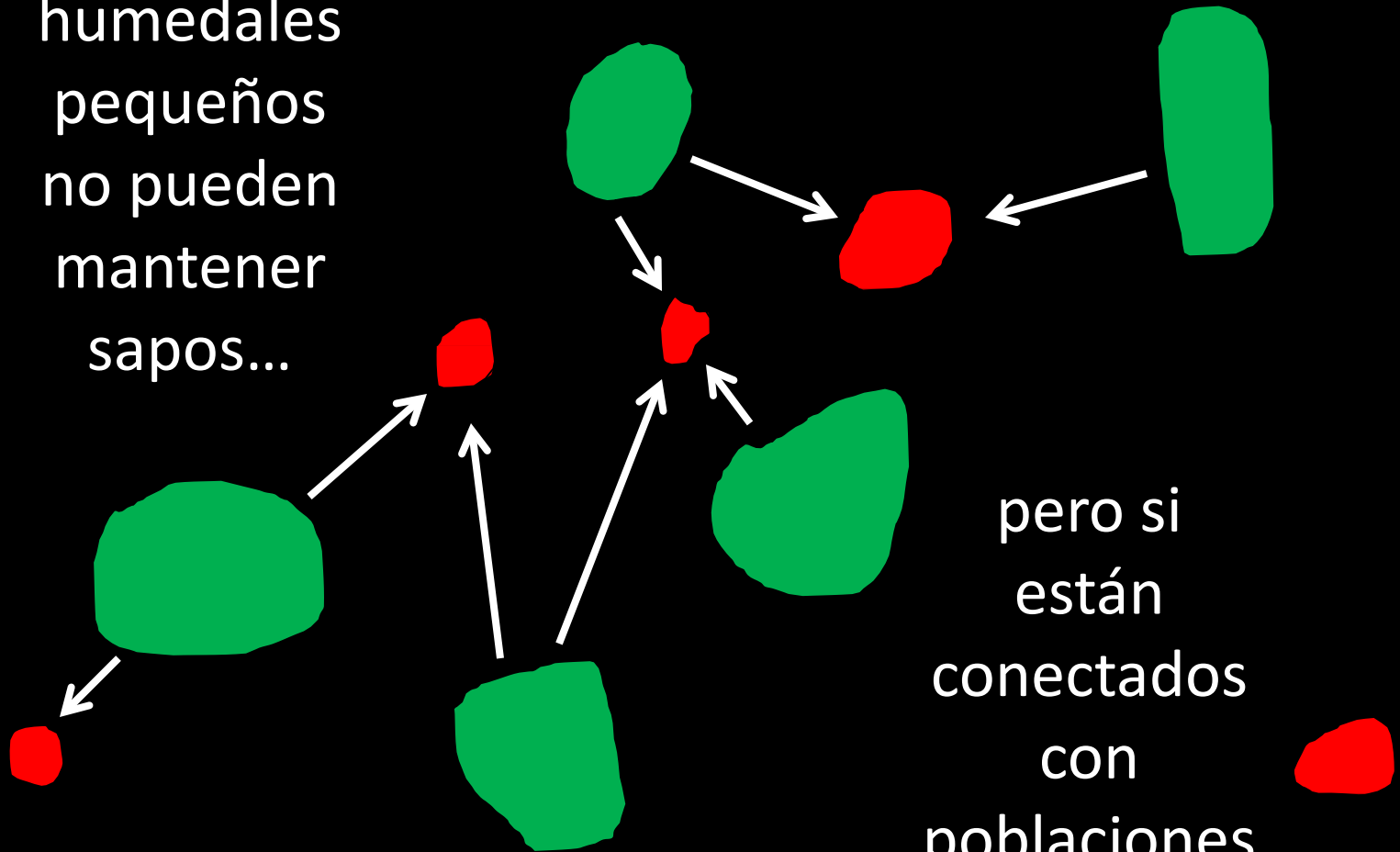
Probabilidad de extinción (200 años)



**Sin
dispersión**

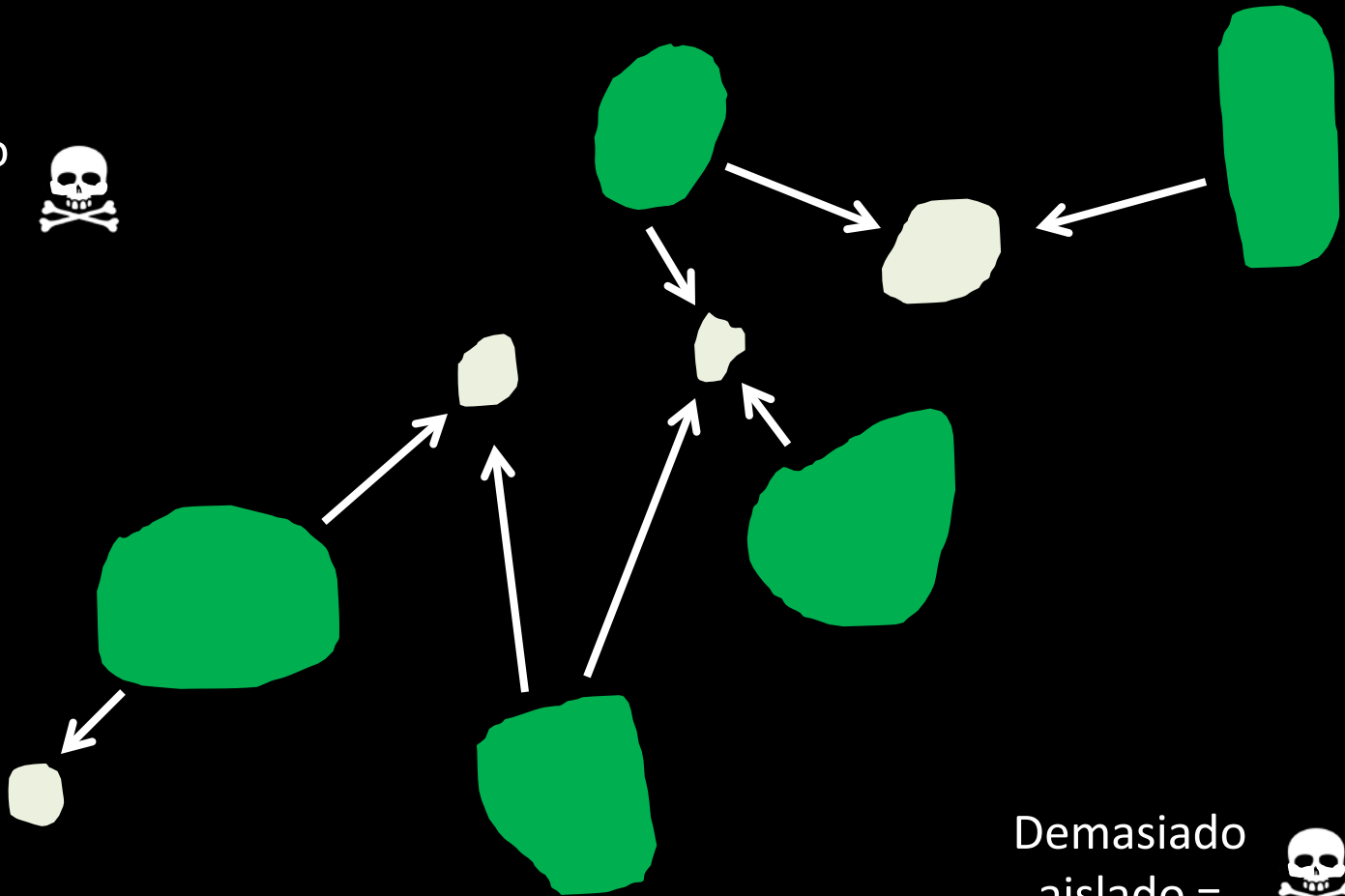
Asumiendo dispersión

Los
humedales
pequeños
no pueden
mantener
sapos...

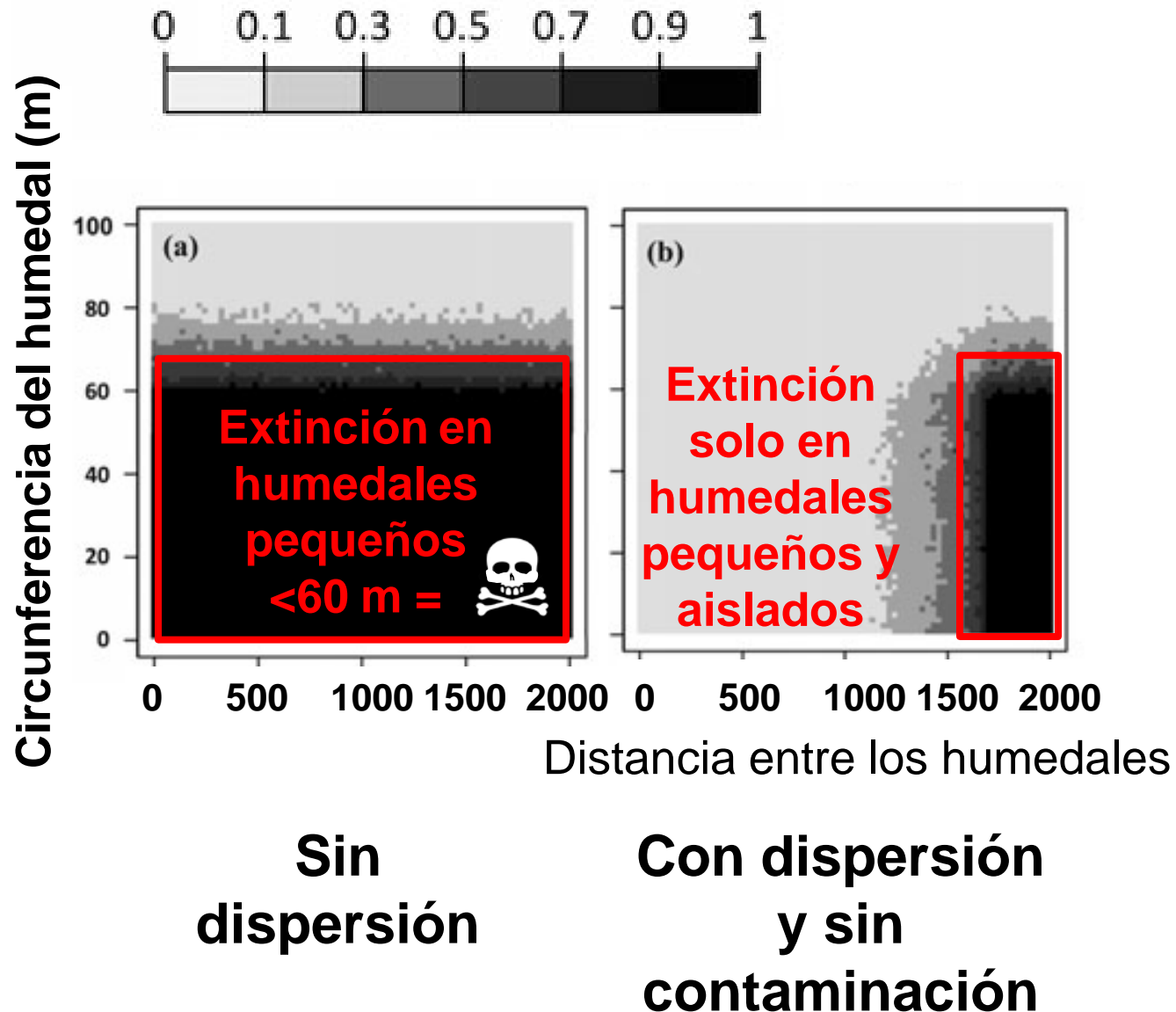


pero si
están
conectados
con
poblaciones
fuente...

Parche vacío



Probabilidad de extinción (200 años)



Asumiendo dispersión




Población Fuente

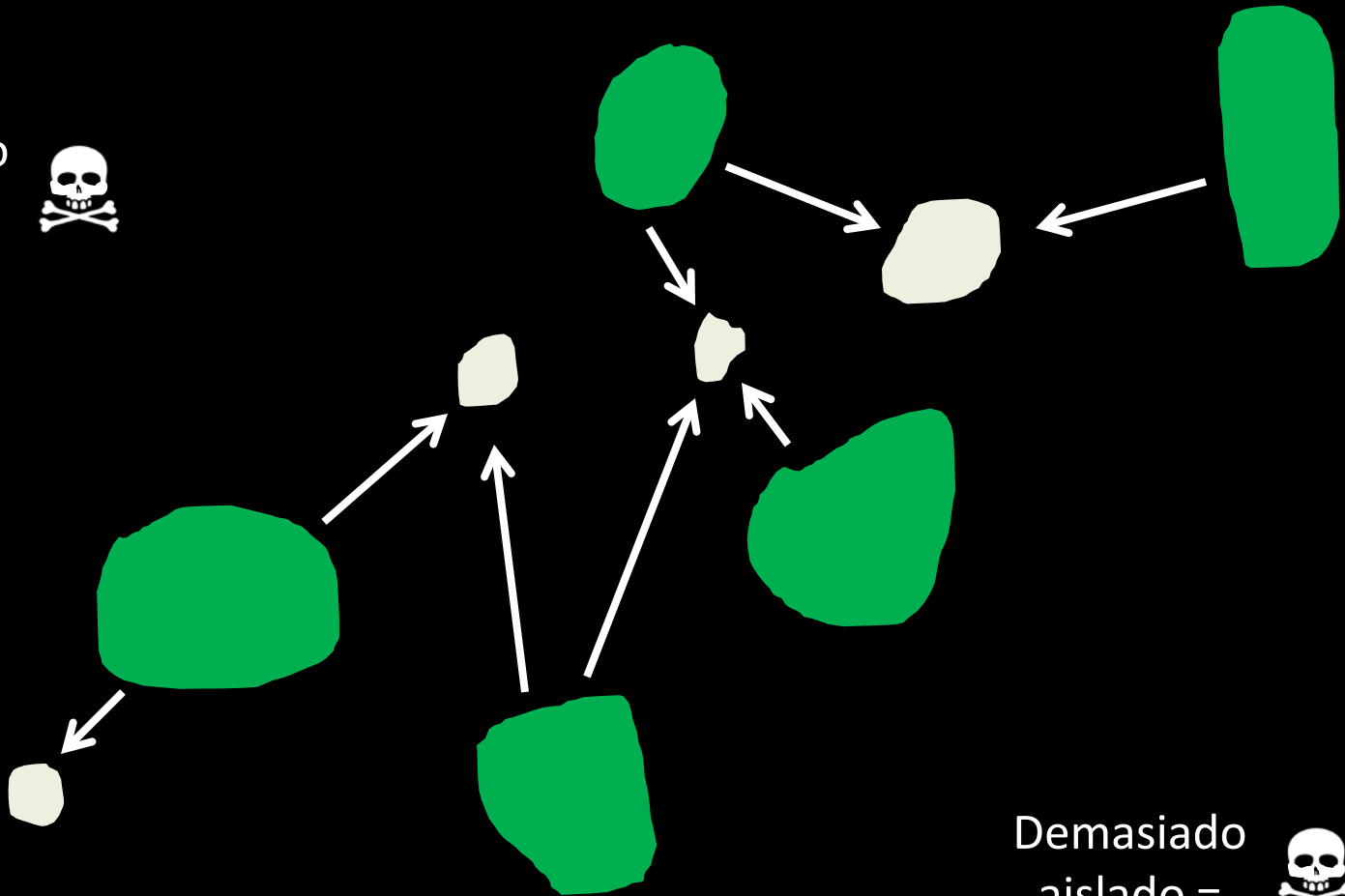



Población Sumidero



Parche vacío

Demasiado
aislado = 



Demasiado
aislado = 

Asumiendo dispersión con contaminación



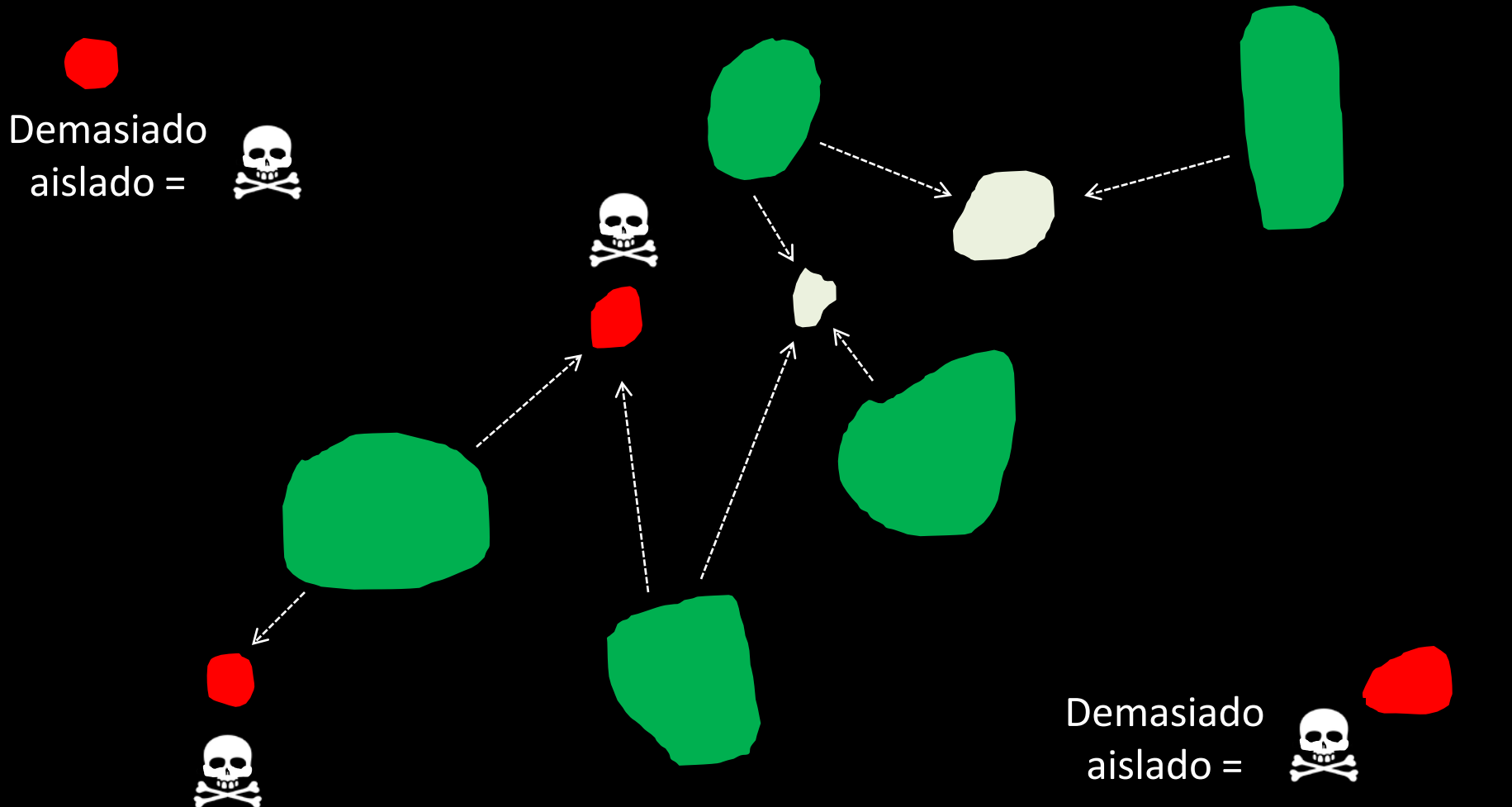
Población Fuente



Población Sumidero

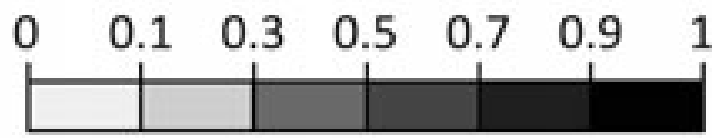


Parche vacío

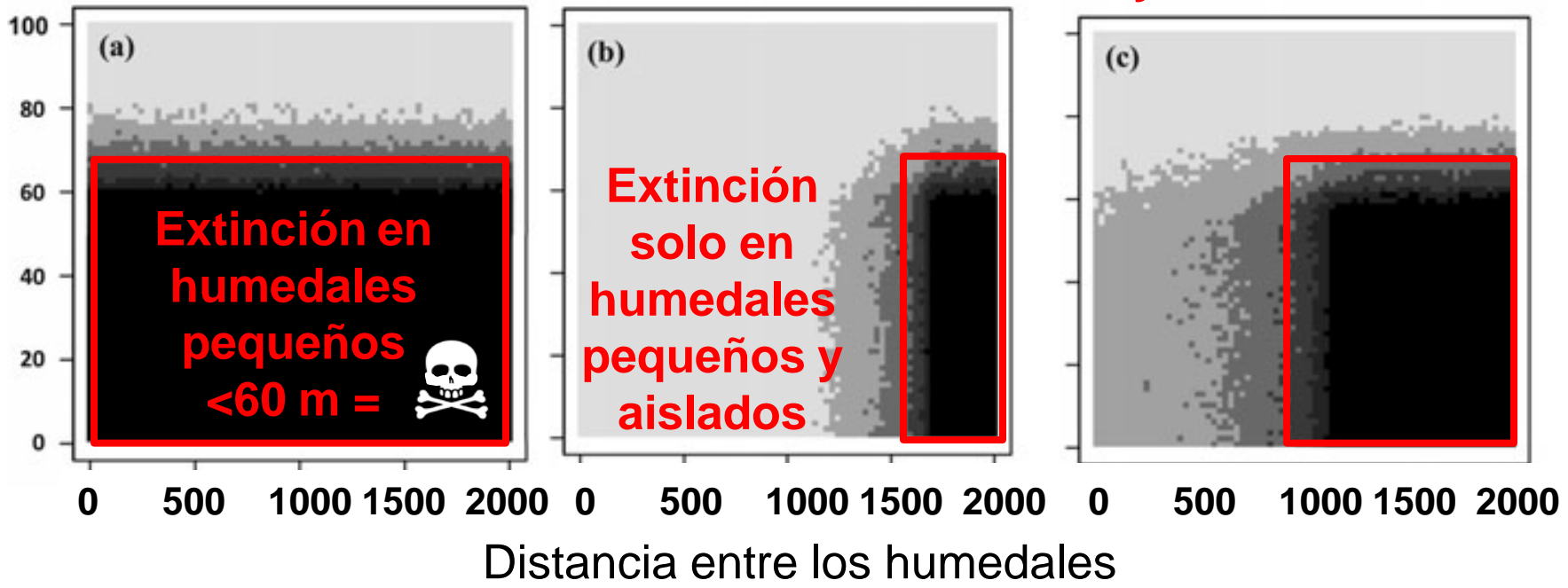


(Willson y Hopkins 2013)

Probabilidad de extinción (200 años)



Circunferencia del humedal (m)

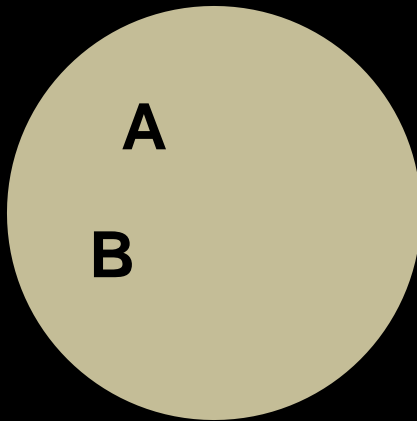


**Sin
dispersión**

**Con dispersión
y sin
contaminación**

**Con dispersión,
pero con
contaminación
de Mercurio**

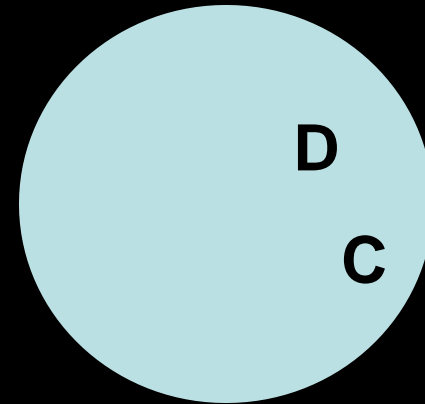
Modelo Fuente-Sumidero y Comunidades



$S = 2$ species

Parche 1

Fuente de A y B

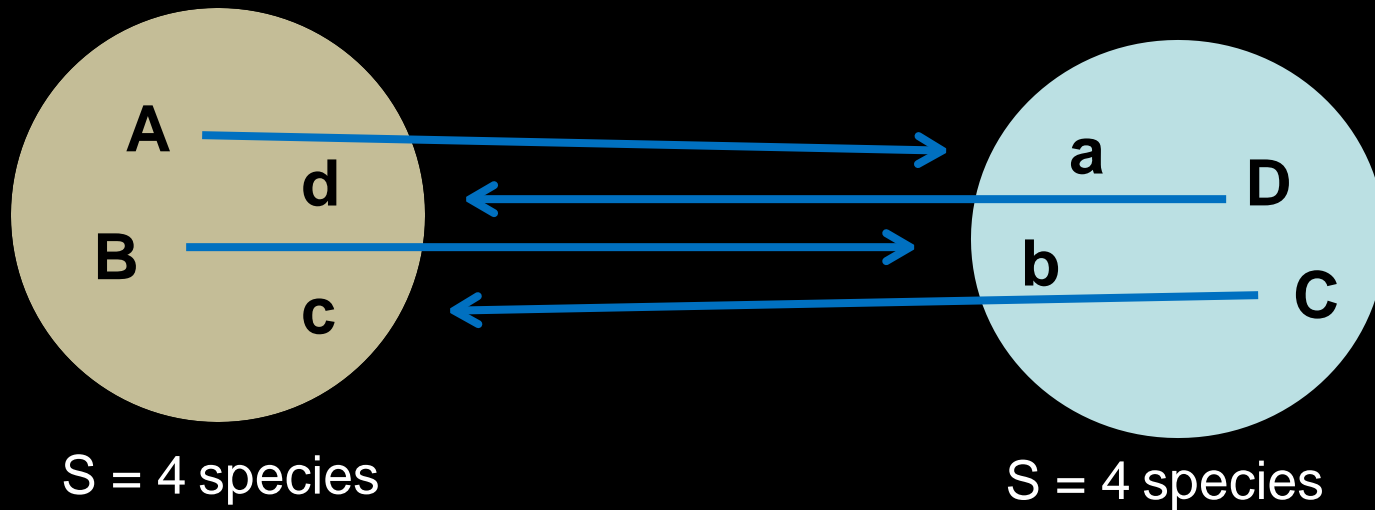


$S = 2$ species

Parche 2

Fuente de C y D

Modelo Fuente-Sumidero y Comunidades



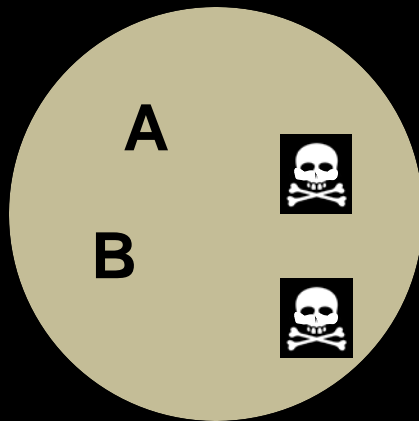
Parche 1

Fuente de A y B
Sumidero de C y D

Parche 2

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

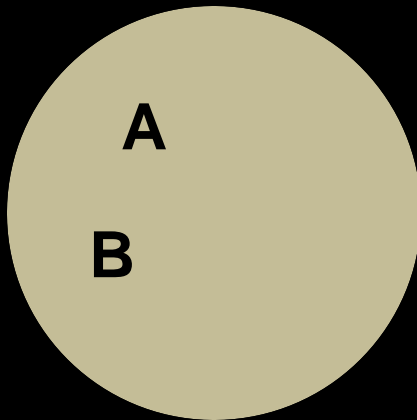


$S = 4$ species

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

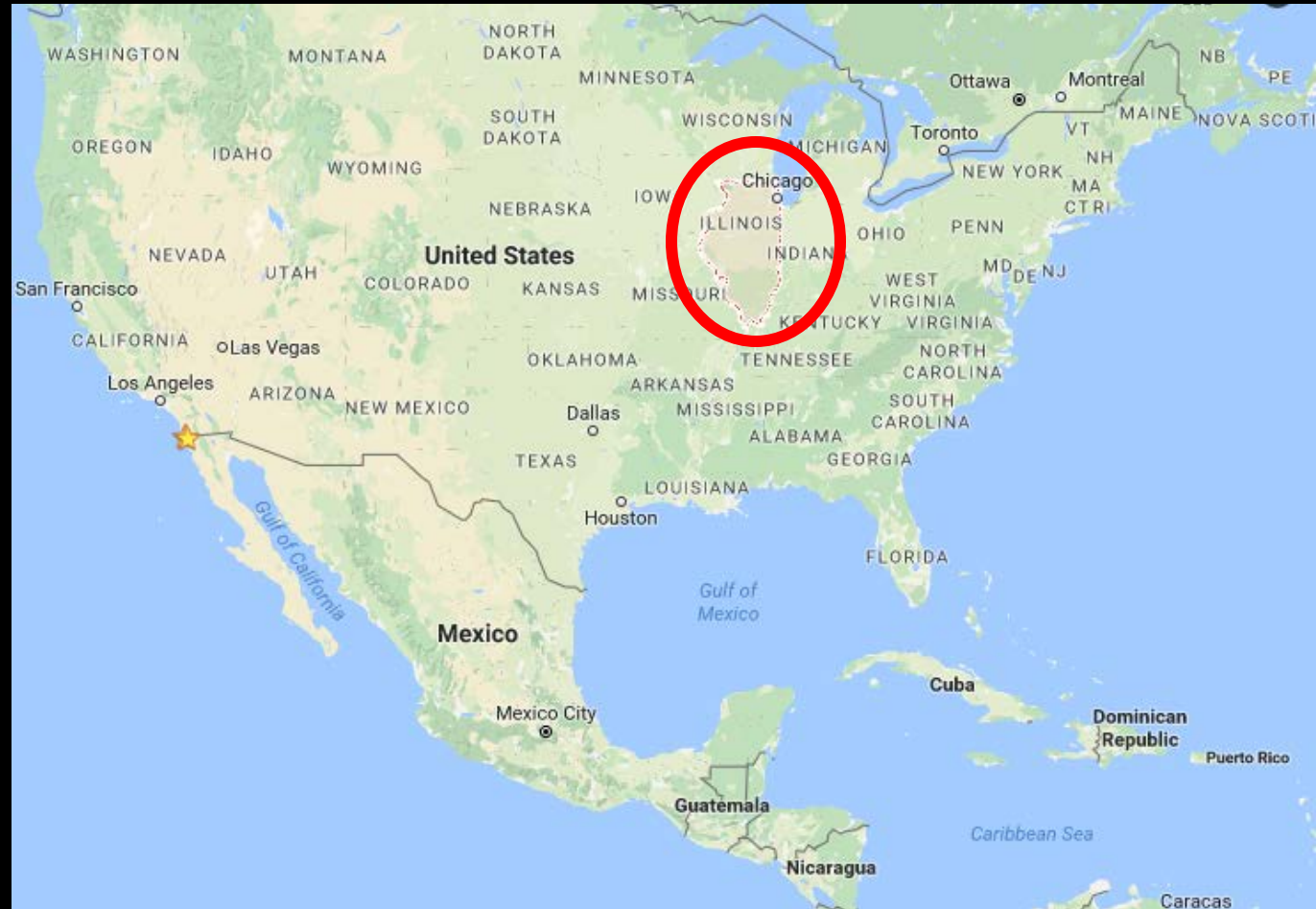
1

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





Zorzalito 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 \ll 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

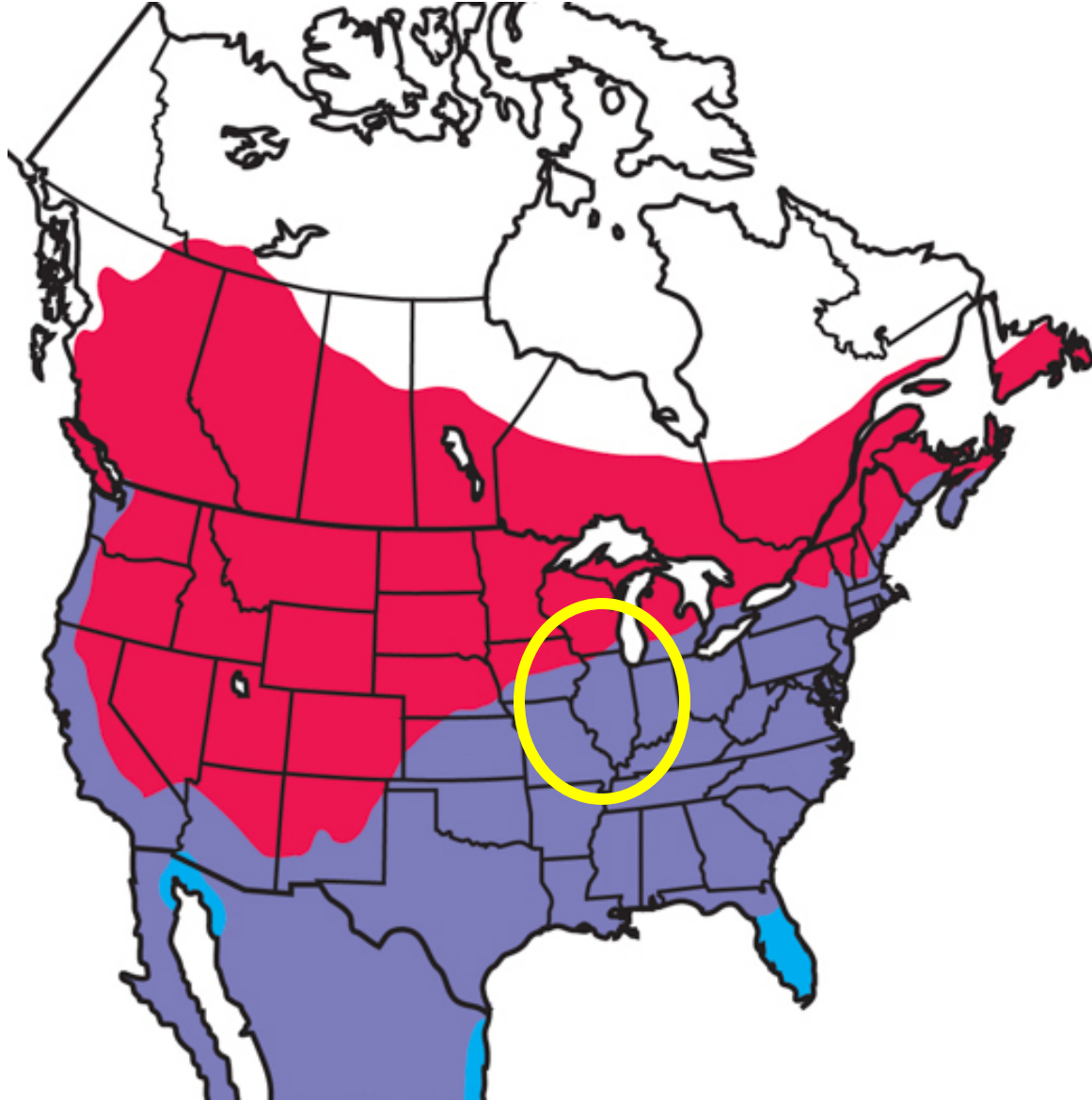


Tordo Negro parasitando a nido de Zorzalito maculado

Tordo Negro, *Molothrus ater*



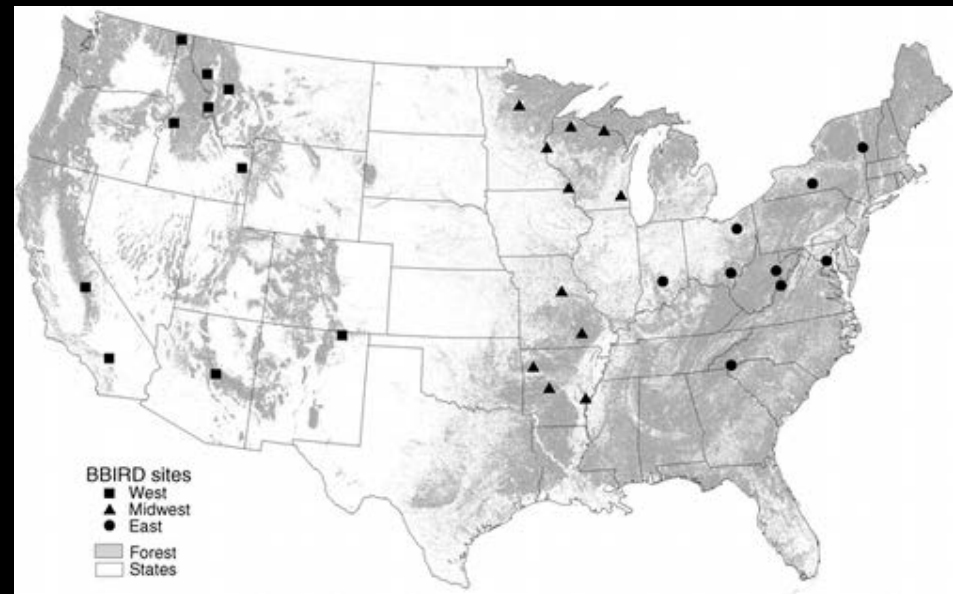
- All Seasons - Common
- All Seasons - Uncommon
- Breeding - Common
- Breeding - Uncommon
- Winter - Common
- Winter - Uncommon
- Migration - Common
- Migration - Uncommon



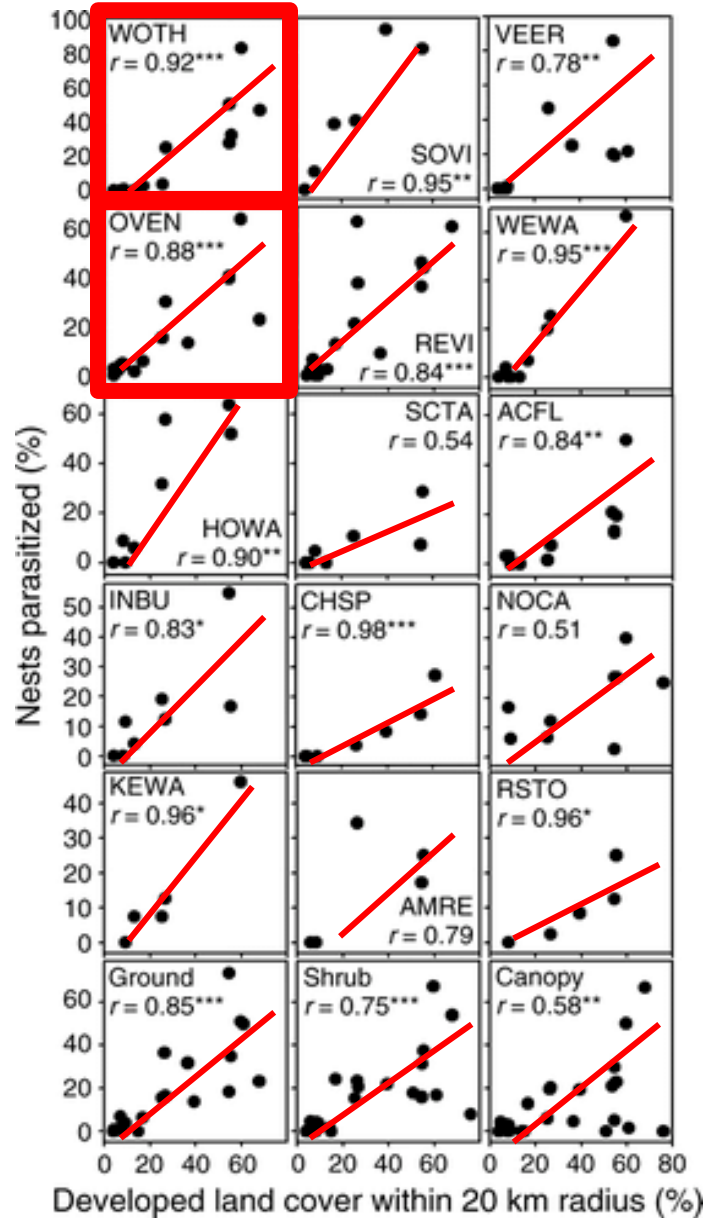
Una perspectiva continental de las fuentes-sumideros

Lloyd et al. 2005

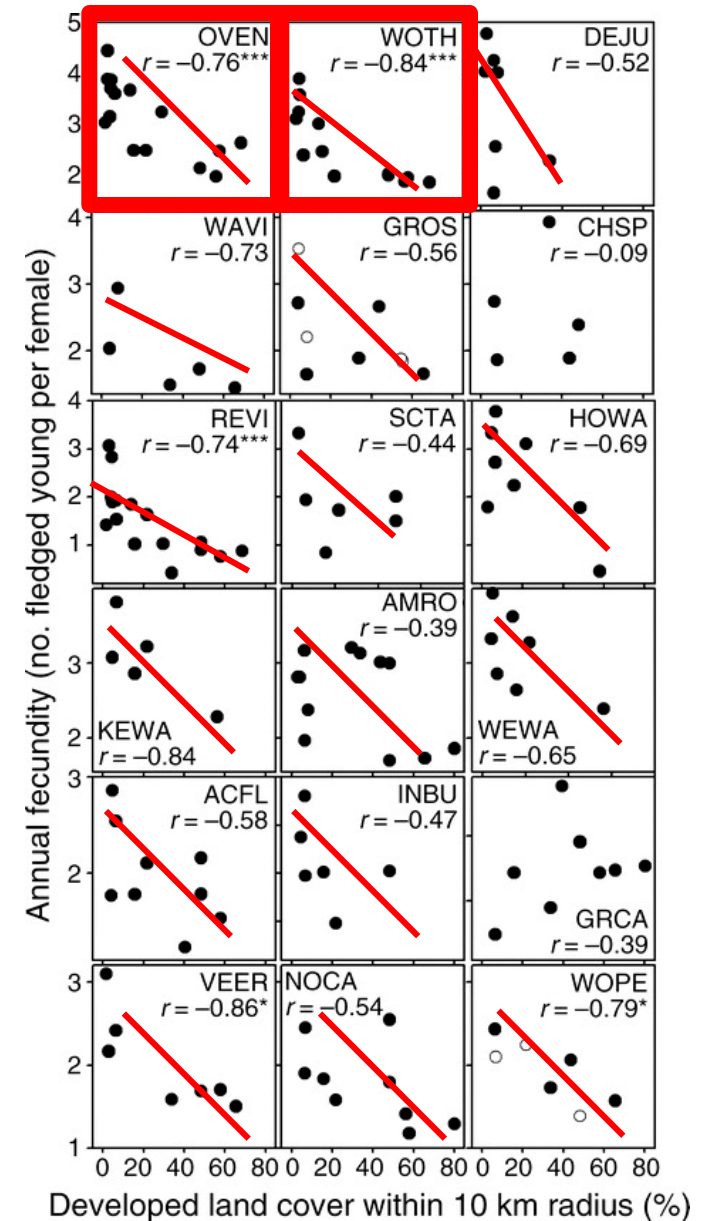
- Base de datos BBIRD
 - 30 sitios en US
 - Datos demográficos (λ)
- Percepción remota
 - Datos de cobertura del suelo

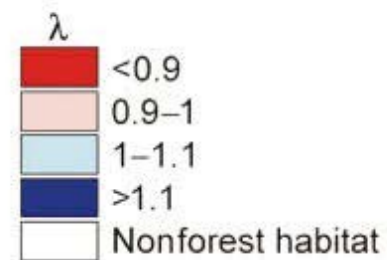
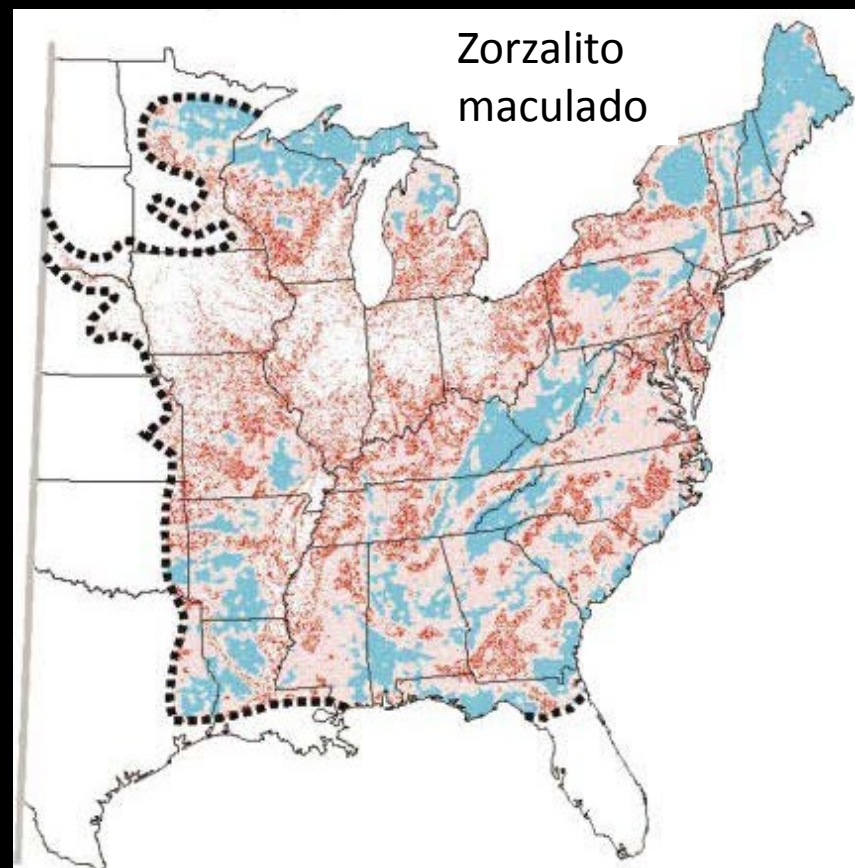
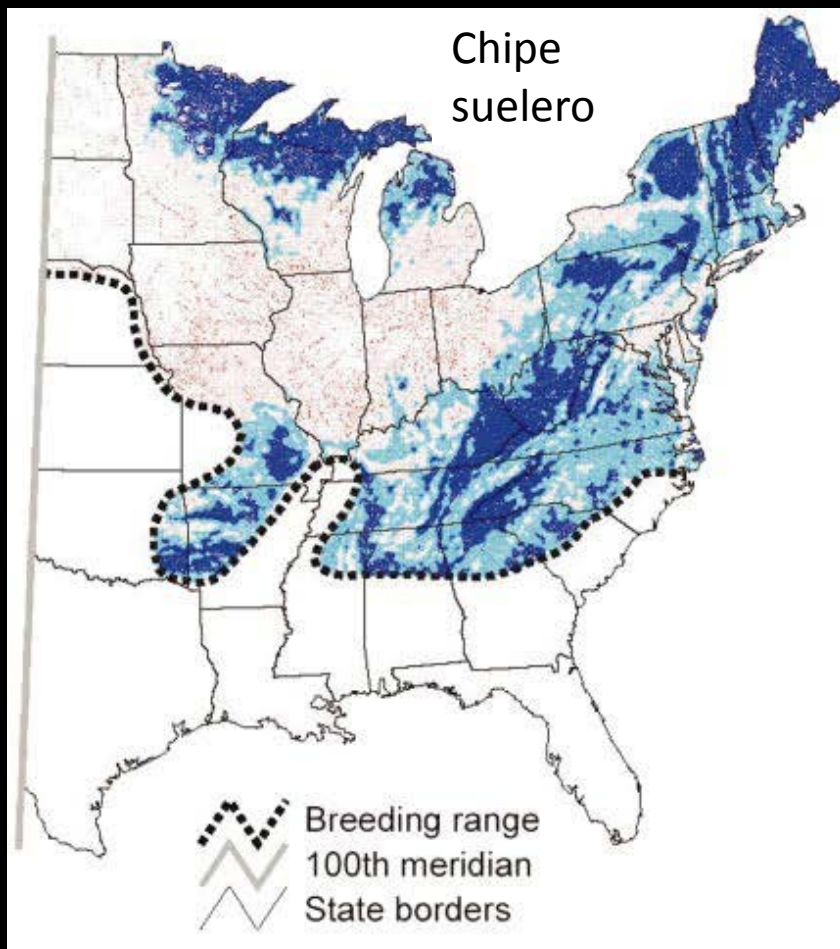


% Nidos Parasitados vs. % Cobertura desarrollo humano



Fecundidad anual vs. % Cobertura desarrollo humano





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



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

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

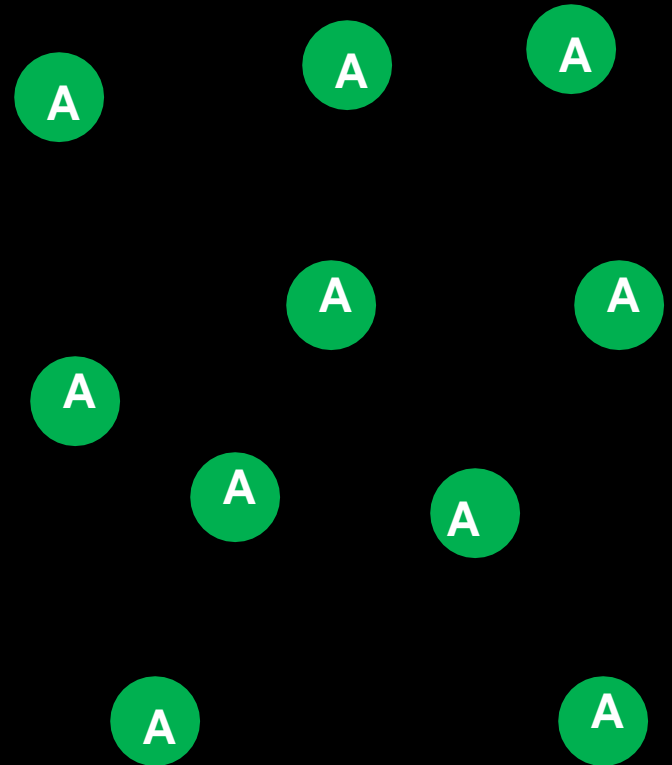
Dos Modelos de Metapoblaciones

- 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

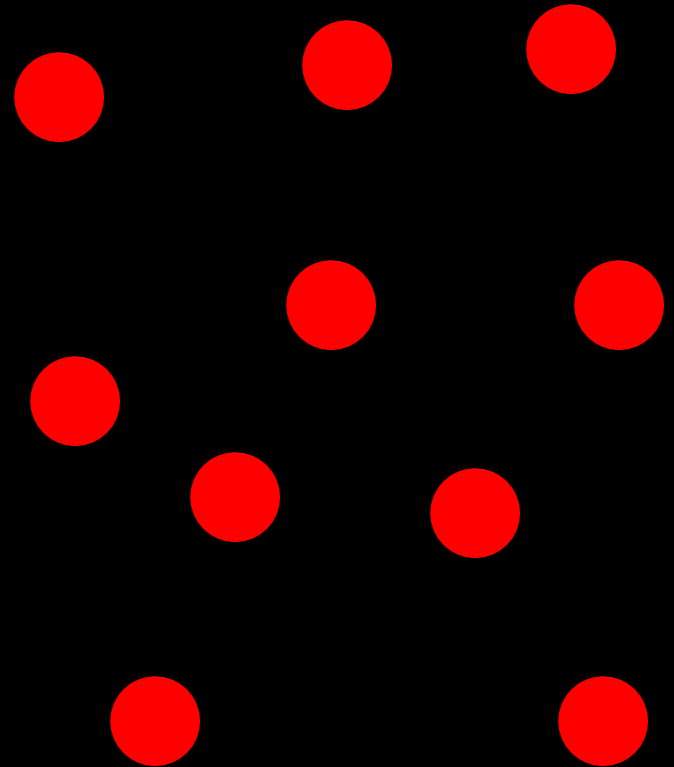
En este ejemplo,
 $p = 1.0$



Modelo clásico de Metapoblaciones

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

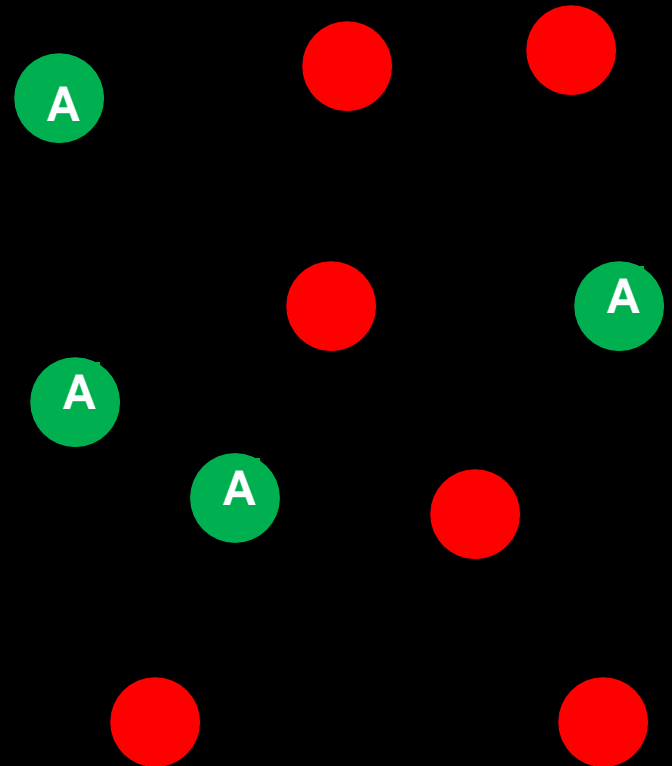
En este ejemplo,
 $p = 0.0$



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?

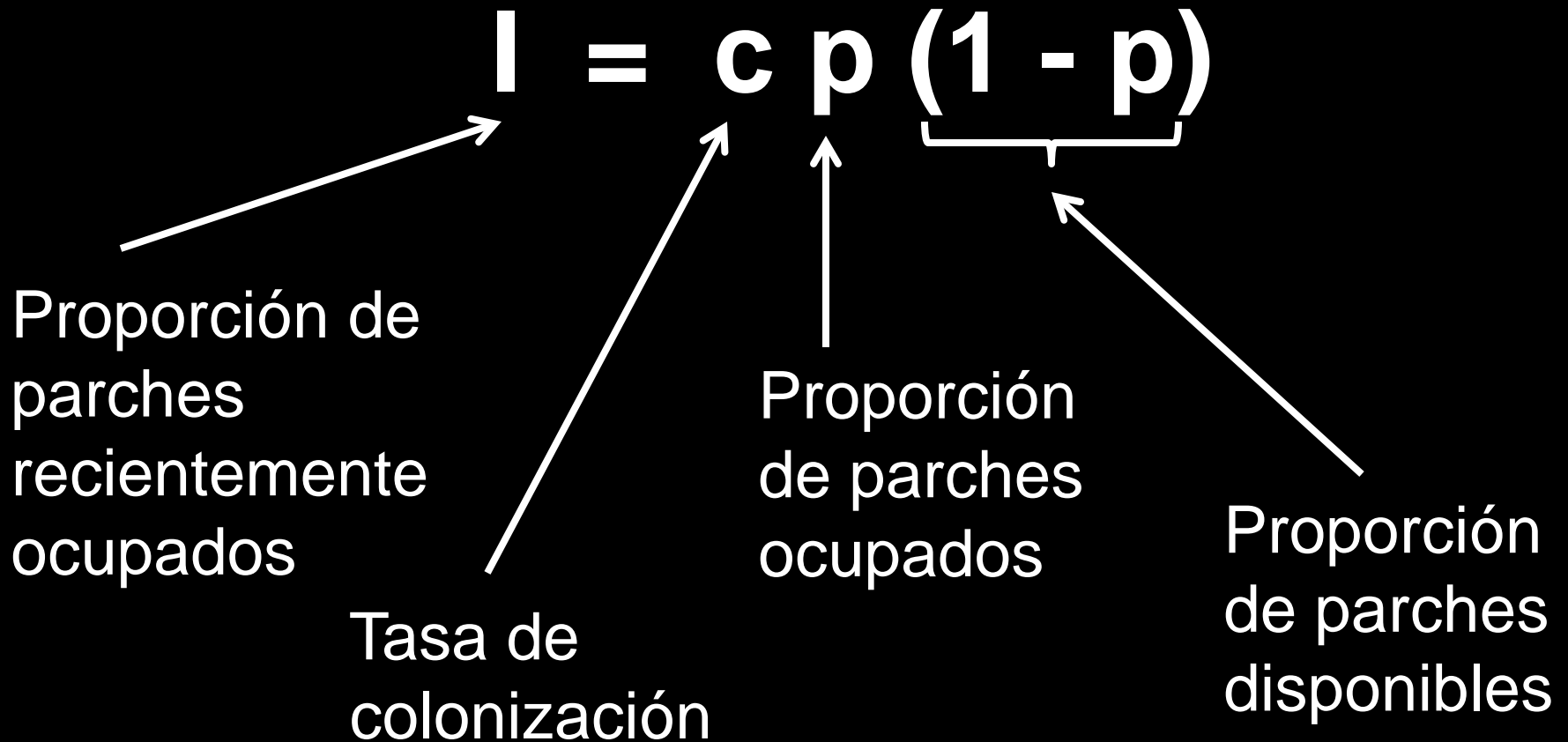
- 1) Que tan efectiva es la especie en colonizar nuevos parches:

c = tasa de colonización

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

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

¿Qué determina la tasa de inmigración?



Ejemplo

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

Asumimos:
 $c = 1.0$

$p = 0.4$

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

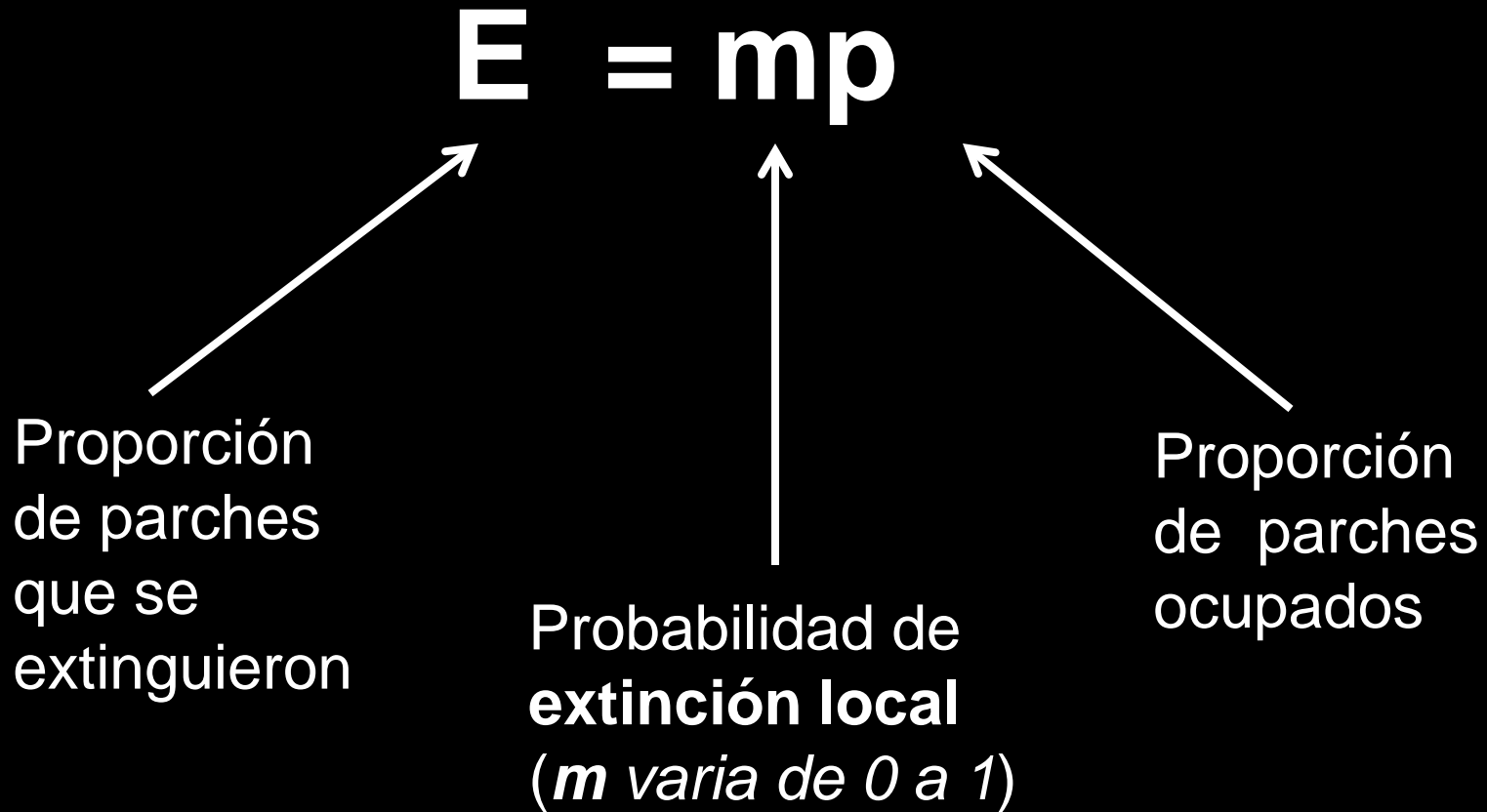
$$I =$$

Entonces, 24 parches vacíos
serán colonizados

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

$$E = mp$$

Proporción
de parches
que se
extinguieron



```
graph BT; A[Proporción de parches que se extinguieron] --> E[E = mp]; B[Probabilidad de extinción local (m varia de 0 a 1)] --> E; C[Proporción de parches ocupados] --> E;
```

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?

$$dp/dt = I - E$$

The diagram illustrates the relationship between the variables in the two equations. An upward-pointing arrow connects the term I in the top equation to the bracketed term $c p (1 - p)$ in the bottom equation. A diagonal arrow points from the bracketed term mp in the bottom equation to the term E in the top equation.

$$dp/dt = \underbrace{c p (1 - p)}_{\text{Proporción de parches recientemente ocupados}} - \underbrace{mp}_{\text{Proporción de parches que se extinguieron}}$$

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

$$dp/dt = I - E$$

En los ejemplos anteriores:

$$dp/dt = 0.24 - 0.10$$

$$dp/dt = 0.14$$

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

Equilibrio

- ¿Qué necesitamos para tener un población permanente y en equilibrio?
- Permanencia: $p > 0$
- En equilibrio: $dp/dt = 0$ $I = E$

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

Equilibrio

$$\underbrace{I}_{c p (1 - p)} = \underbrace{E}_{m p}$$

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

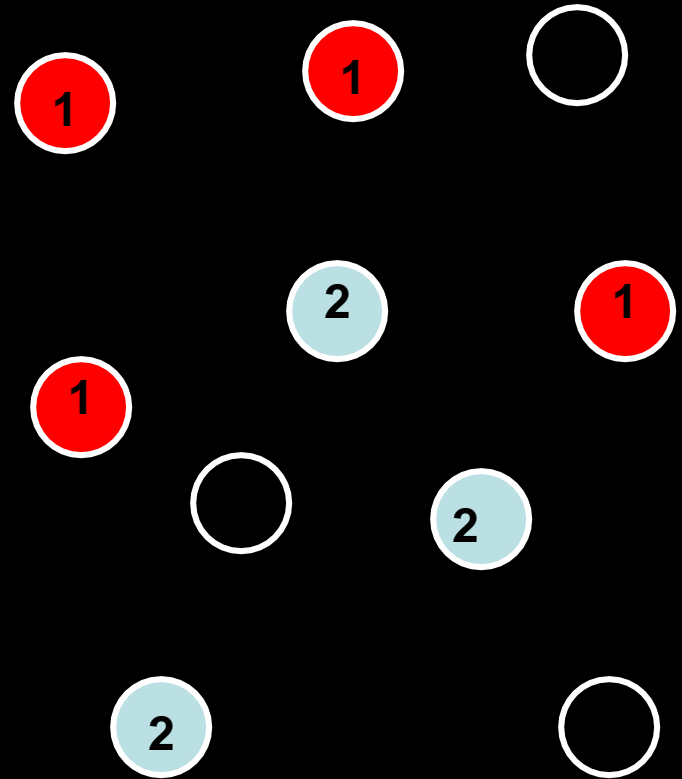
- **Imagínense a dos especies:**

**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

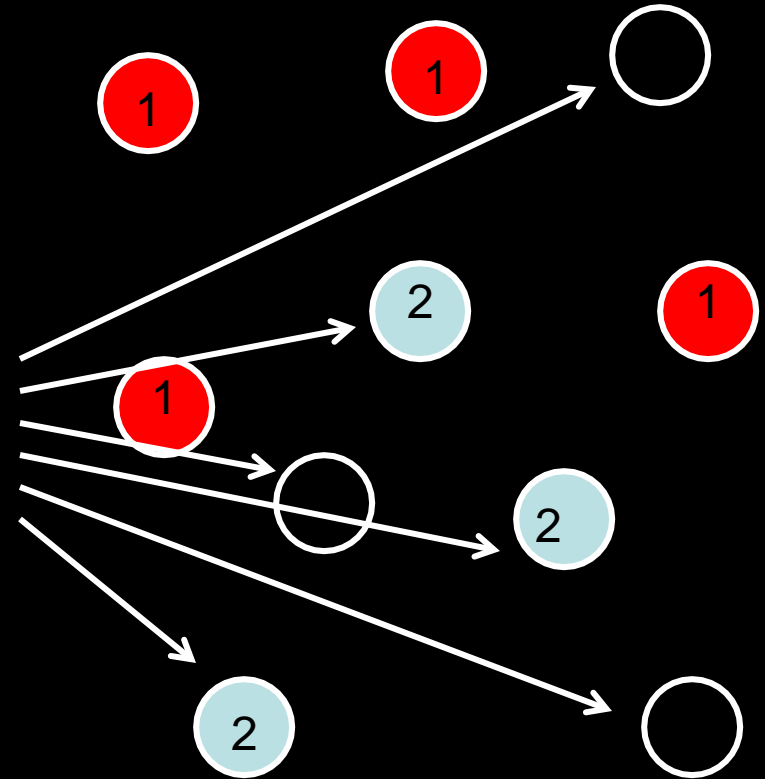
Se comporta como si la especie 2 no existiera!

$$\begin{aligned} dp_1/dt &= I_1 - E_1 \\ dp_1/dt &= \underbrace{c_1 p_1 (1-p_1)}_{\substack{\text{Proporción de} \\ \text{parches} \\ \text{recientemente} \\ \text{ocupados por} \\ \text{la Especia 1}}} - \underbrace{m_1 p_1}_{\substack{\text{Proporción de} \\ \text{parches que se} \\ \text{extinguieron de} \\ \text{la Especie 1}}} \end{aligned}$$

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

$$dp_2/dt = I_2 - E_2$$

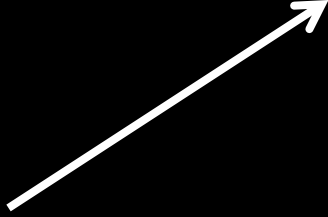
$$I_2 = ???$$

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

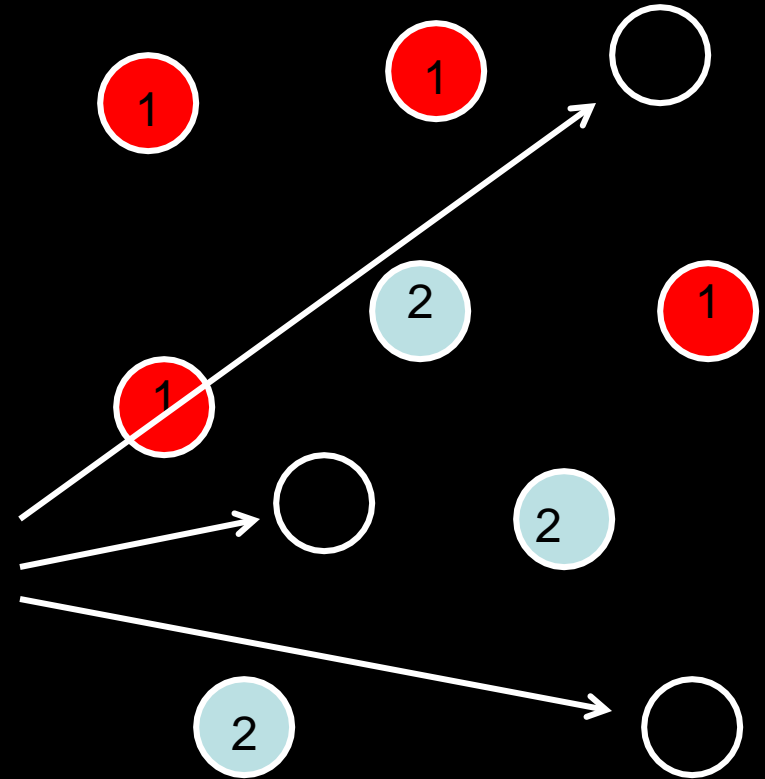
$$p_2 = 3/10$$

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

$$dp_2/dt = I_2 - E_2$$

$$E_2 = m_2 p_2$$

Probabilidad de
extinción de la
Especie 2

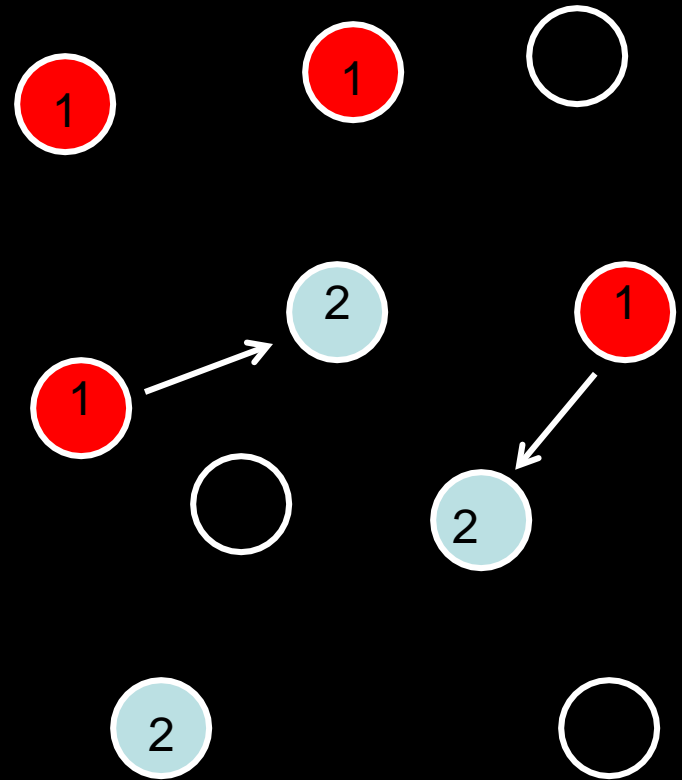
A diagram with two arrows pointing upwards towards the equation E2 = m2p2. The left arrow originates from the text 'Probabilidad de extinción de la Especie 2' and points to the 'E2' term. The right arrow originates from the text 'Proporción de parches ocupados' and points to the 'p2' term.

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

$$dp_2/dt = I_2 - E_2$$

$$E_2 = m_2 p_2 + \underbrace{(c_1 p_1) p_2}_{\substack{\uparrow \\ \text{Proporción de} \\ \text{parches ocupados} \\ \text{por Especie 2,} \\ \text{pero ahora} \\ \text{capturados por la} \\ \text{Especie 1}}}$$

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:

$$c_2p_2(1-p_2-p_1) - m_2p_2 - (c_1p_1)p_2 > 0$$

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, $c_2 > c_1 (1+)$

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 competidora, La Especie 2 tiene que ser mejor colonizadora!

Co-existencia

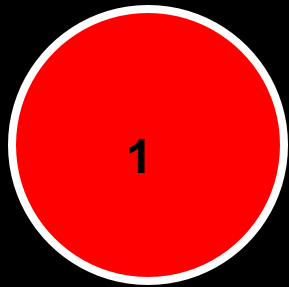
- Coexistencia ocurre por un “TRADE-OFF”:

Especie 1: *Buena Competidora*
 Mala Colonizadora

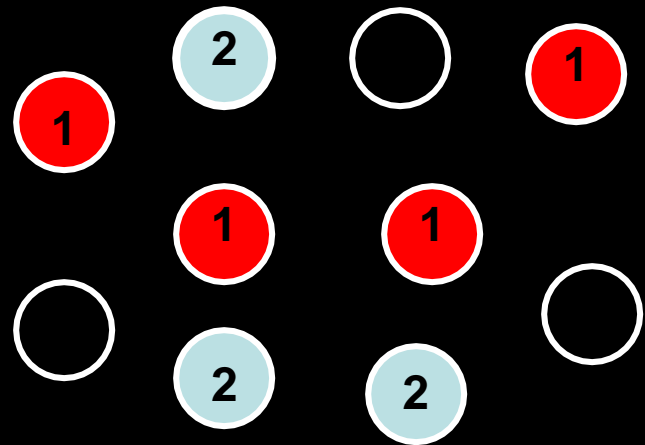
Especie 2: *Mala Competidora*
 Buena Colonizadora

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

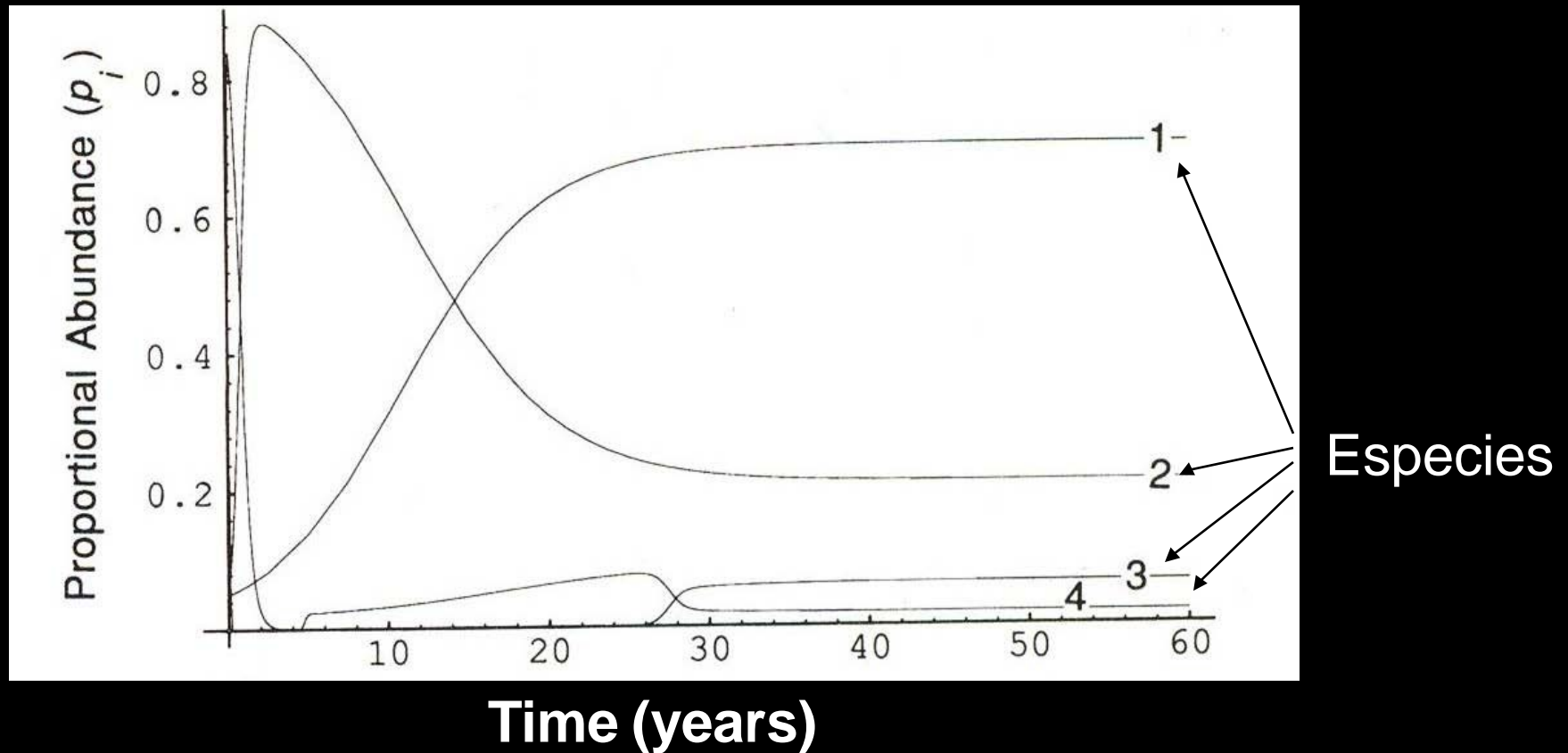
Modelo Espacial de Competencia de Tilman

Cuatro Species

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

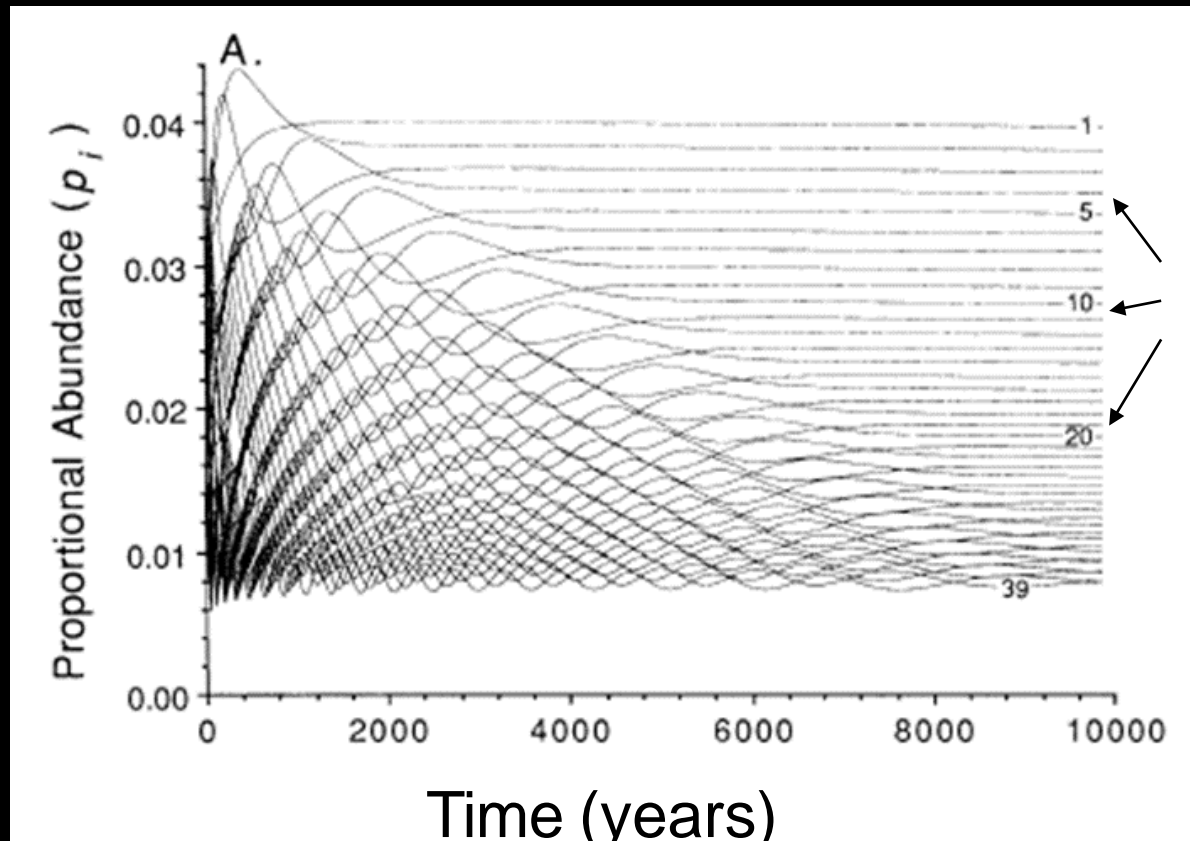
Modelo Espacial de Competencia de Tilman

Simulaciones de Computadora: 4 especies con diferentes tasas



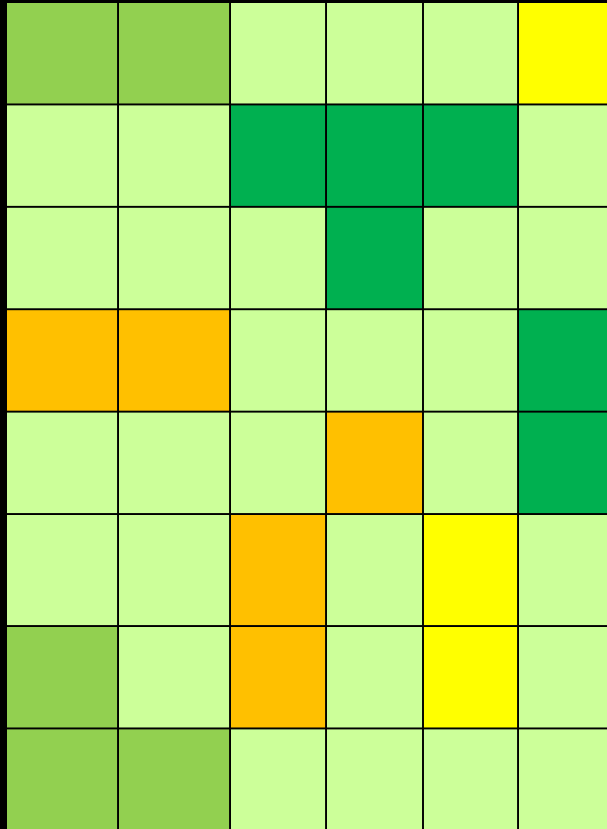
Modelo Espacial de Competencia de Tilman

Simulaciones de Computadora: 40 especies with diferentes tasas



Especies

Modelo Espacial de Competencia de Tilman



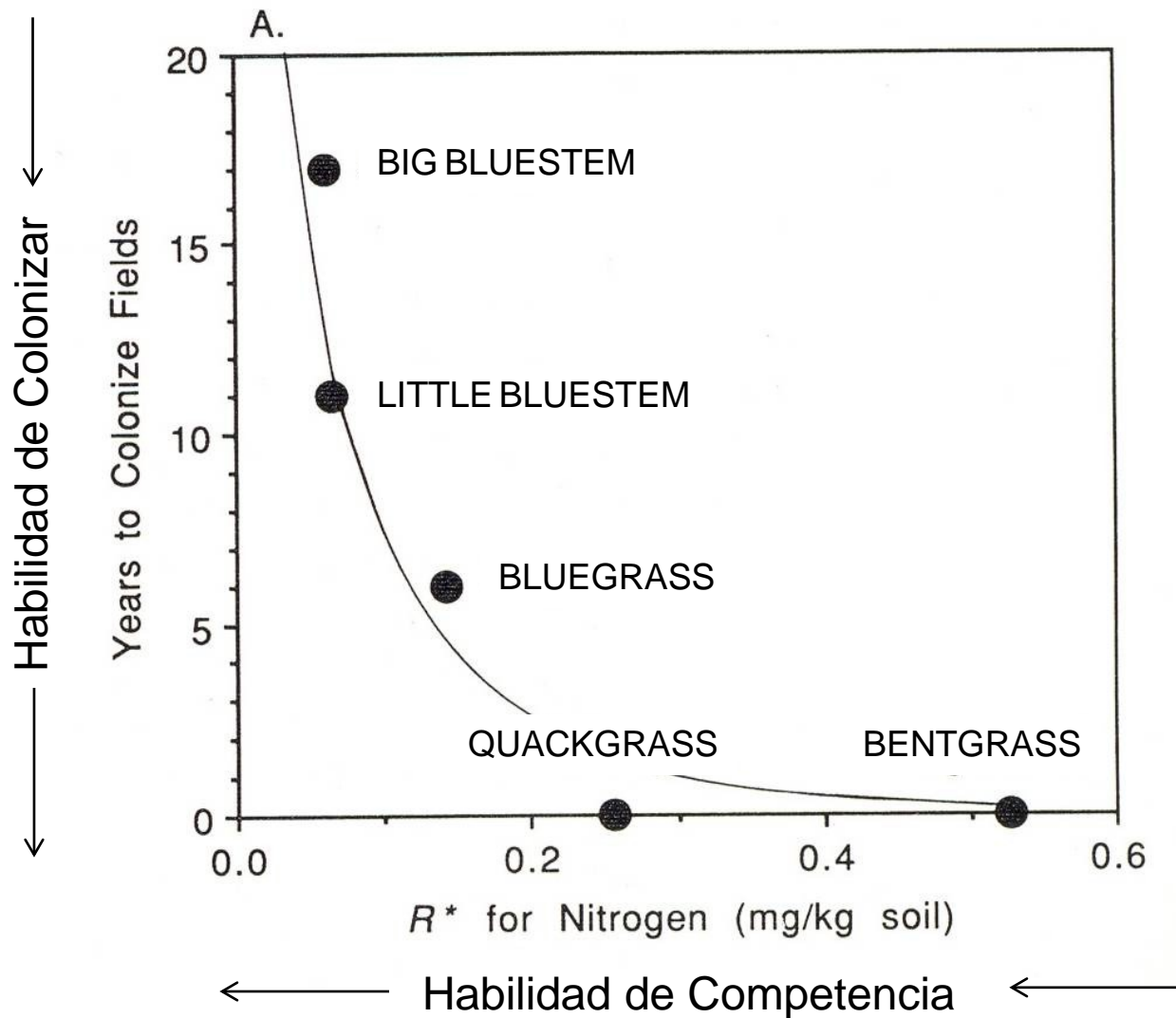
- Trabajo en praderas
- Dividió las praderas en parches
- Las especies de pastos tenían que dispersarse entre parches





¿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