

# **Ecología de Comunidades**

## **Clase 7**



**Modelo neutral de biodiversidad**

# ¿Qué es biodiversidad?

“Riqueza de especies y su abundancia relativa en el espacio y el tiempo”

(Hubbell 2001)

**Predecir la variación y  
persistencia de la  
diversidad de especies es  
una pregunta central de la  
ecología**

(Hutchinson, 1959, Pacala & Tilman 1993, Gaston, 2003)

# **Modelos Regionales o de Paisaje**

**Teoría de  
Biogeografía de  
Islas**

**Teorías de Metapoblaciones  
Modelo Fuente-Sumidero  
Modelo clásico**



**Teoría Neutra de Hubbell**

**Provee una explicación que une procesos  
ecológicos y evolutivos**

# Dos Líneas en las Teorías de la Ecología de Comunidades

## Curvas Área-Especies

*(Gleason 1922, Preston 1948, 1962)*



## Teoría de Biogeografía de Islas

*(MacArthur and Wilson 1967)*



## Teoría Neutra de Biodiversidad

*(Hubbell 2001)*



## Perspectiva Ensamble Dispersión

*(regional o paisaje)*

## Principio de Exclusión Competitiva

*(Gause 1932, 1934)*



## Partición de Nichos, Similaridades Limitadas

*(Hutchinson 1959, MacArthur 1972)*



## Reglas de Ensamble de Comunidades

*(Diamond 1975)*



## Perspectiva Ensamble de Nichos

*(local)*

# Dos alternativas en la forma de estudiar Comunidades

- Perspectiva Ensamble Dispersión
  - La composición de especies de las Comunidades están cambiando constantemente
  - Presencia de especies y abundancias es gobernada por procesos aleatorios: especiación, dispersión, deriva ecológica, y extinción
- Perspectiva Ensamble de Nichos
  - Comunidades: Solo algunas especies!
  - Especies coexisten bajo estricto partición de nichos con recursos limitados

# Modelo Neutro de Comunidades

Libro de Steve Hubbell (2001):

*“The unified neutral theory of biodiversity and biogeography”*

Una gran intento en desarrollar una teoría general de Ensamble-Dispersión

# Modelo Neutro de Comunidades

Modelo de Hubbell (2001) esta basado en:

*La Teoría de Biogeografía de Islas*

MacArthur y Wilson (1967)



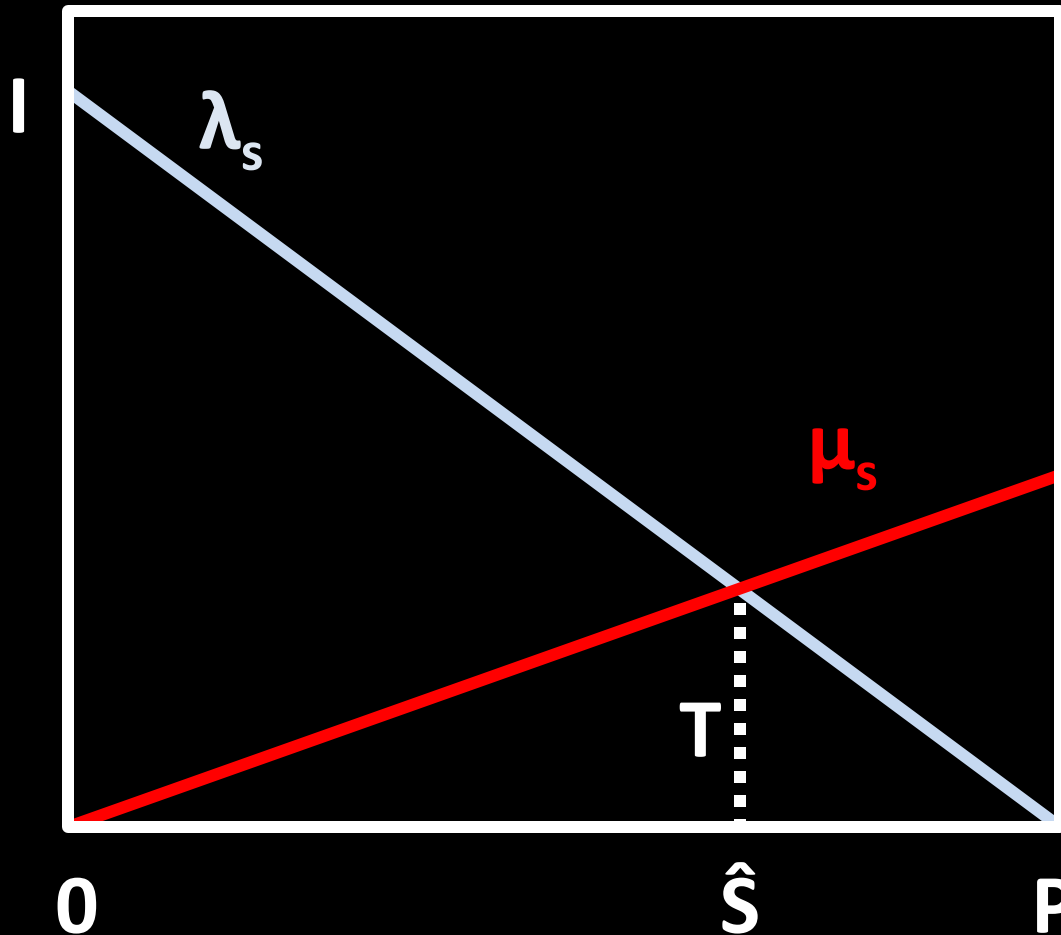
# MacArthur y Wilson

- El modelo de MacArthur y Wilson solo considera la dinámica de las especies, nada dice sobre los individuos.
- Las tasas de inmigración y de extinción se refieren a especies, no a individuos.
- El modelo neutro supone que todas las especies son idénticas en su aptitud o adecuación biológica (“fitness”) y en el efecto que tienen unas sobre otras.
- Las especies son equivalentes en términos ecológicos.

# Predicciones de la Teoría de Biogeografía de Islas

- ✓ Equilibrio en la riqueza de especies ( $\hat{S}$ )
- ✓ Tasa de cambio de especies (T)

$\lambda_s$   
Número de  
nuevas  
especies  
llegando por  
unidad de  
tiempo



$S$   
Numero de especies en una isla

$\mu_s$   
Número de  
especies  
extinguiéndose  
unidad de  
tiempo

Número de  
especies en  
continente

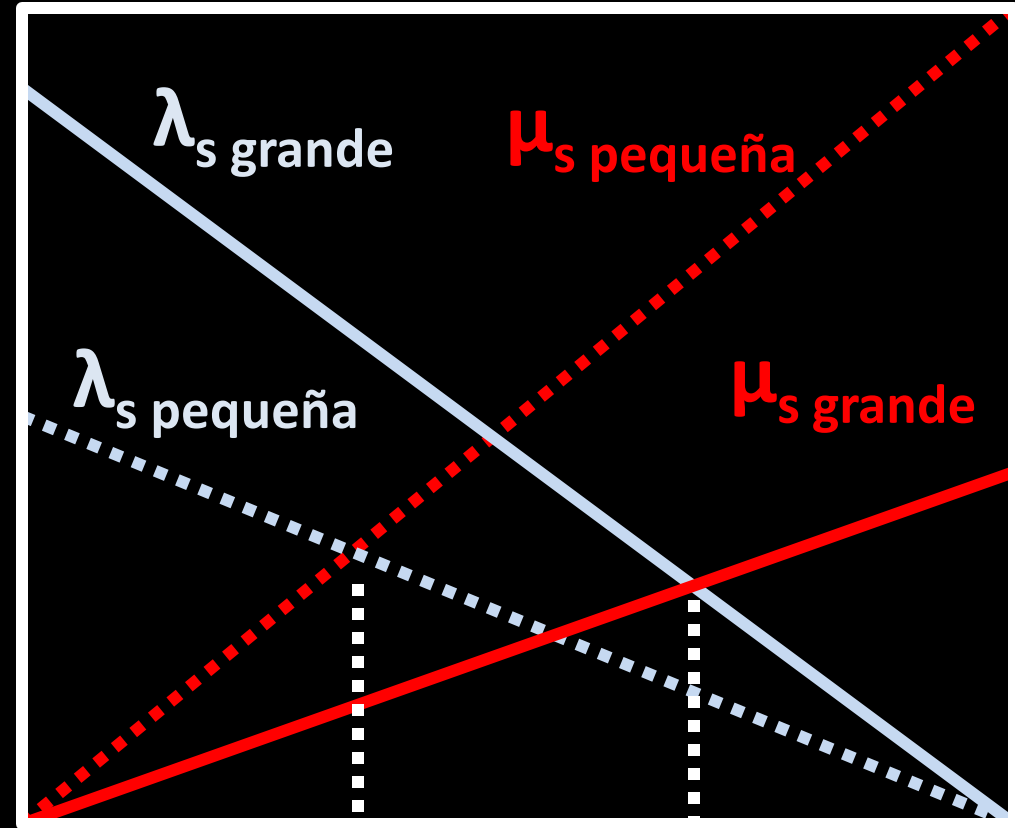
# Predicciones de la Teoría de Biogeografía de Islas

- ✓ Equilibrio en la riqueza de especies ( $\hat{S}$ )
- ✓ Tasa de cambio de especies (T)
- ✓ Relación Área-especies
  - Áreas grandes tienen más especies

Efecto del tamaño del blanco

$\lambda_s$

Número de nuevas especies llegando por unidad de tiempo



0

$\hat{S}$

pequeña

$\hat{S}$

grande

P

$S$

Numero de especies en una isla

Efecto del tamaño de población

$\mu_s$

Número de especies extinguiéndose unidad de tiempo



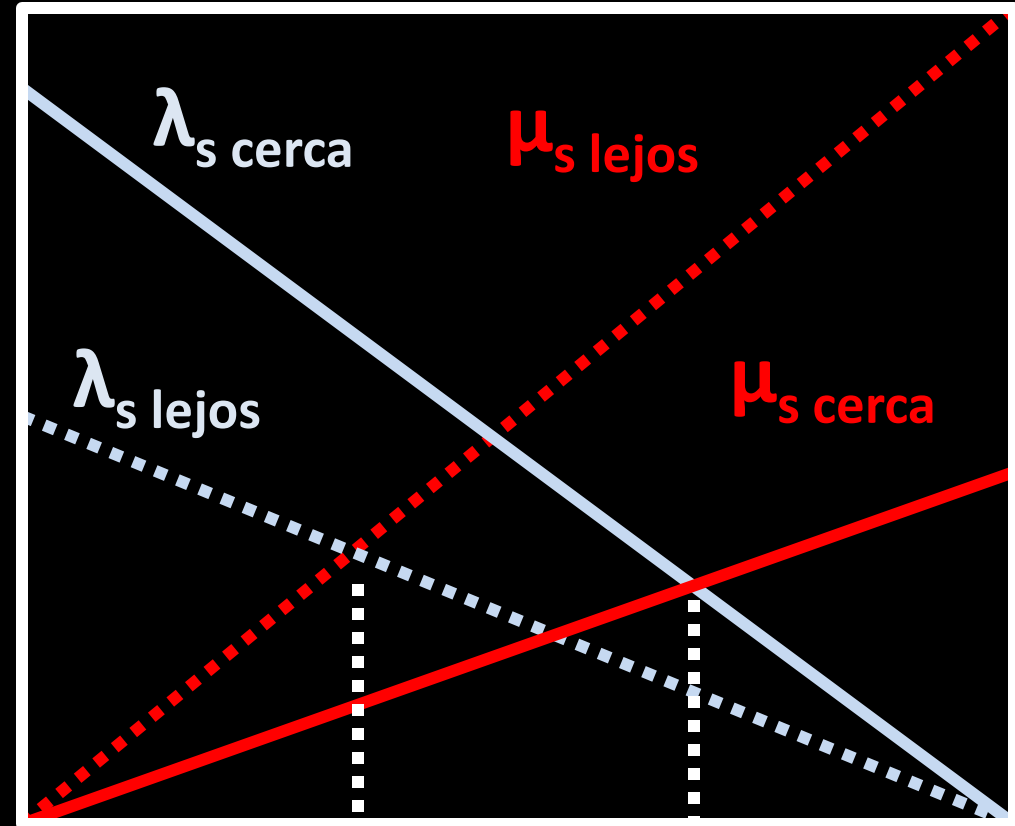
# Predicciones de la Teoría de Biogeografía de Islas

- ✓ Equilibrio en la riqueza de especies ( $\hat{S}$ )
- ✓ Tasa de cambio de especies (T)
- ✓ Relación Área-especies
  - Áreas grandes tienen más especies
- ✓ Efecto distancia o aislamiento
  - Áreas aisladas tienen menos especies

Menor  
distancia  
de  
dispersión

$\lambda_s$

Número de  
nuevas  
especies  
llegando por  
unidad de  
tiempo



0  $\hat{S}$  lejos  $\hat{S}$  cerca P

S

Numero de especies en una isla

Efecto de  
rescate

$\mu_s$

Número de  
especies  
extinguiéndose  
unidad de  
tiempo



# Modelo Neutro de Comunidades

- Similaridades a MacArthur-Wilson
  - Inmigración y extinción son de suma importancia
- Diferencias con MacArthur-Wilson
  - Incluye especiación (evolución de nuevas especies)
  - Neutralidad

Fecundidad, sobrevivencia, dispersión, competencia, habilidades son iguales en TODAS las especies! No hay diferencias en los nichos!



# Modelo Neutro de Comunidades

## Otras Suposiciones:

- Tasa de Mortalidad constantes
- Comunidad solo incluye un nivel trófico
- Sin depredación, ni parasitismo!
- El número de individuos en una comunidad es constante

# Modelo Neutro de Comunidades

Densidad de individuos debe ser constante en la comunidad

- “suma-cero”
- Respaldado con datos: densidad de árboles es constante en bosques

**Esto infiere que el espacio es limitado y que las especies compiten por espacio**

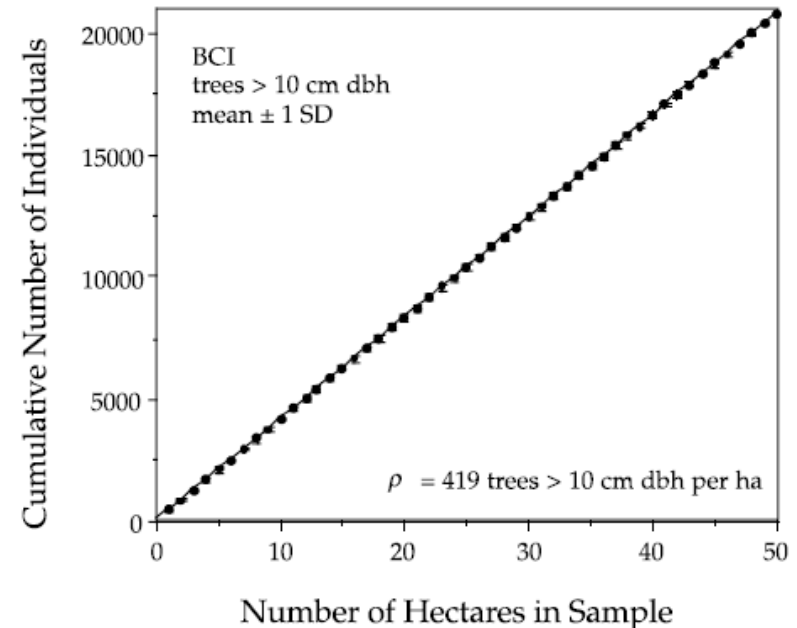
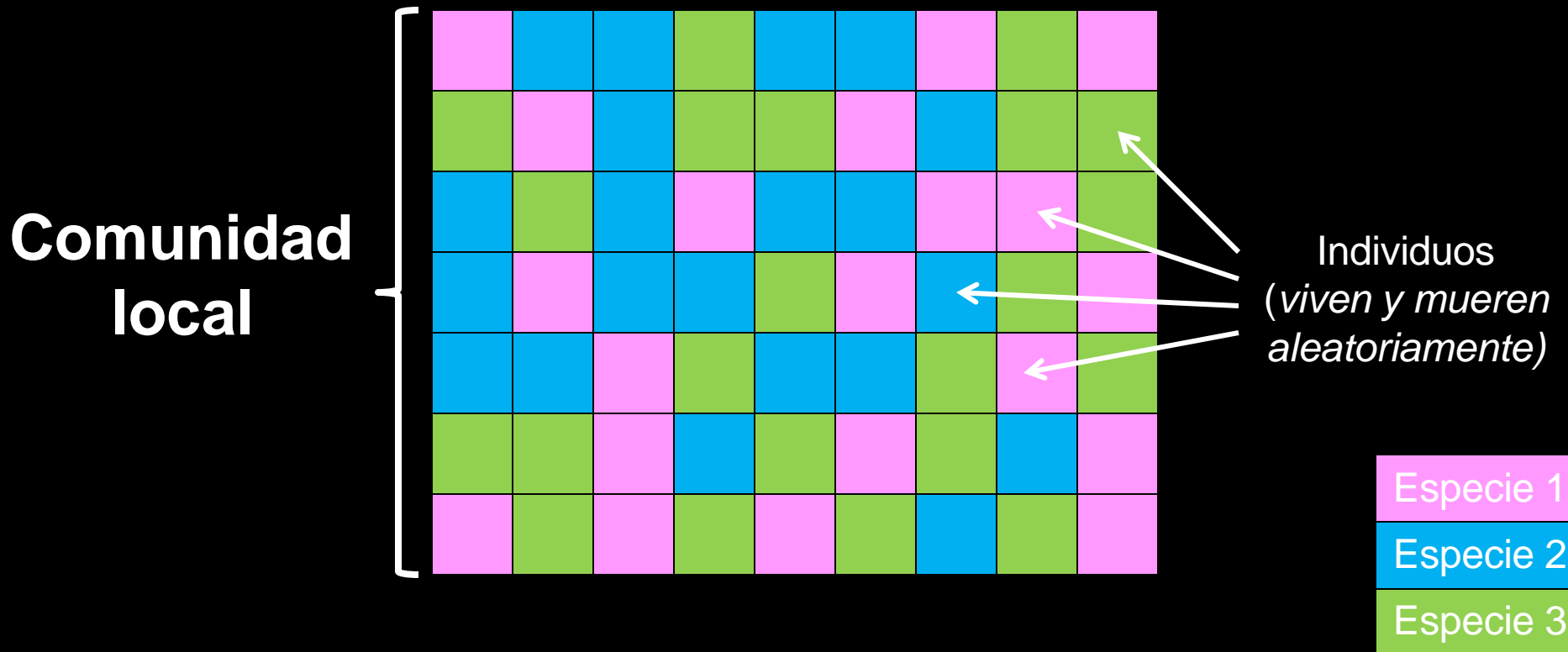


FIG. 3.2. The individuals-area curve for a 50 ha plot of tropical moist forest on Barro Colorado Island, Panama. The plot is of individuals with a trunk diameter >10 cm dbh of all species. The curve represents the mean of one hundred random starting points for accumulation of area within the plot. The linearity is very precise. One standard deviation about each mean is also plotted, but they are so small that they are barely visible. The mean density of individuals >10 cm dbh per hectare,  $\rho$ , is 419 trees.

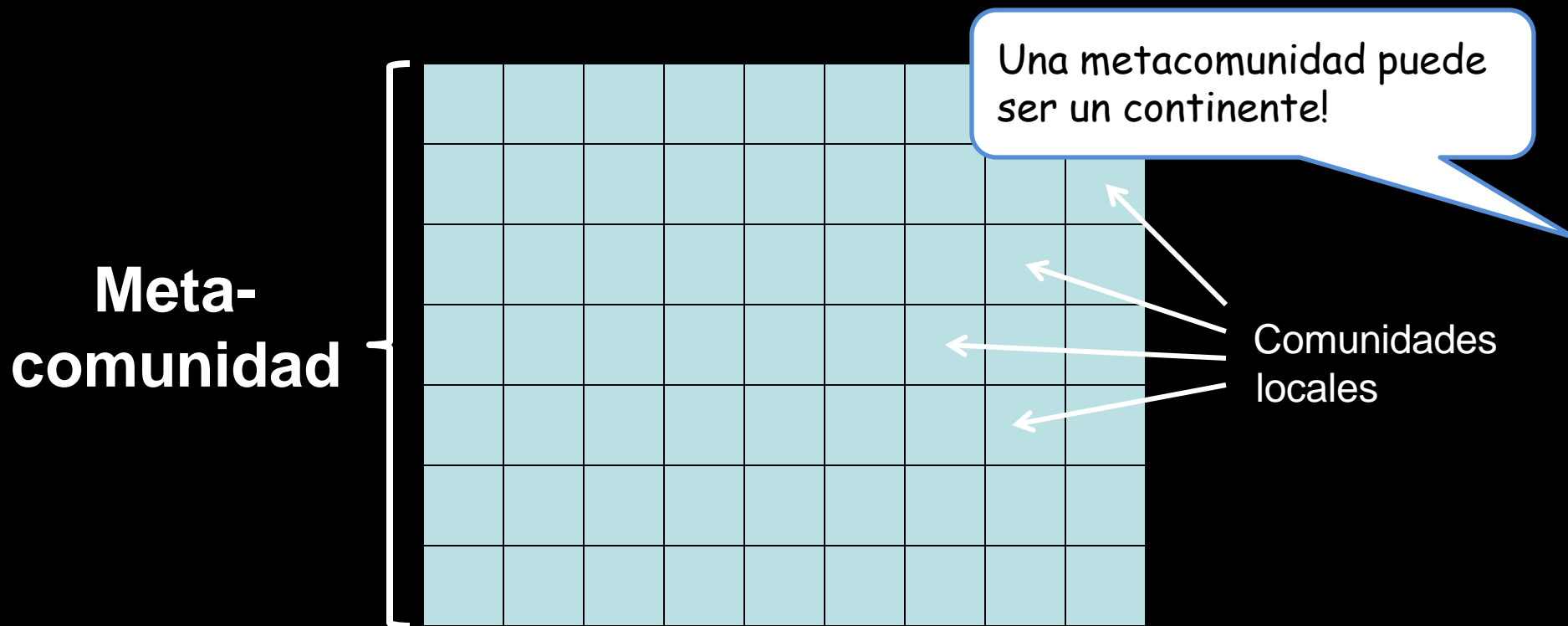
# La Comunidad local...

Es un ensamble de individuos de diferentes especies en una área



# Una Metacomunidad...

**“Un grupo de comunidades locales conectadas por dispersión de una o mas de las especies”** (*Wilson 1992, Leibold 2004*)



# **Deriva Ecológica**

## **(Modelo de Movimiento Aleatorio)**

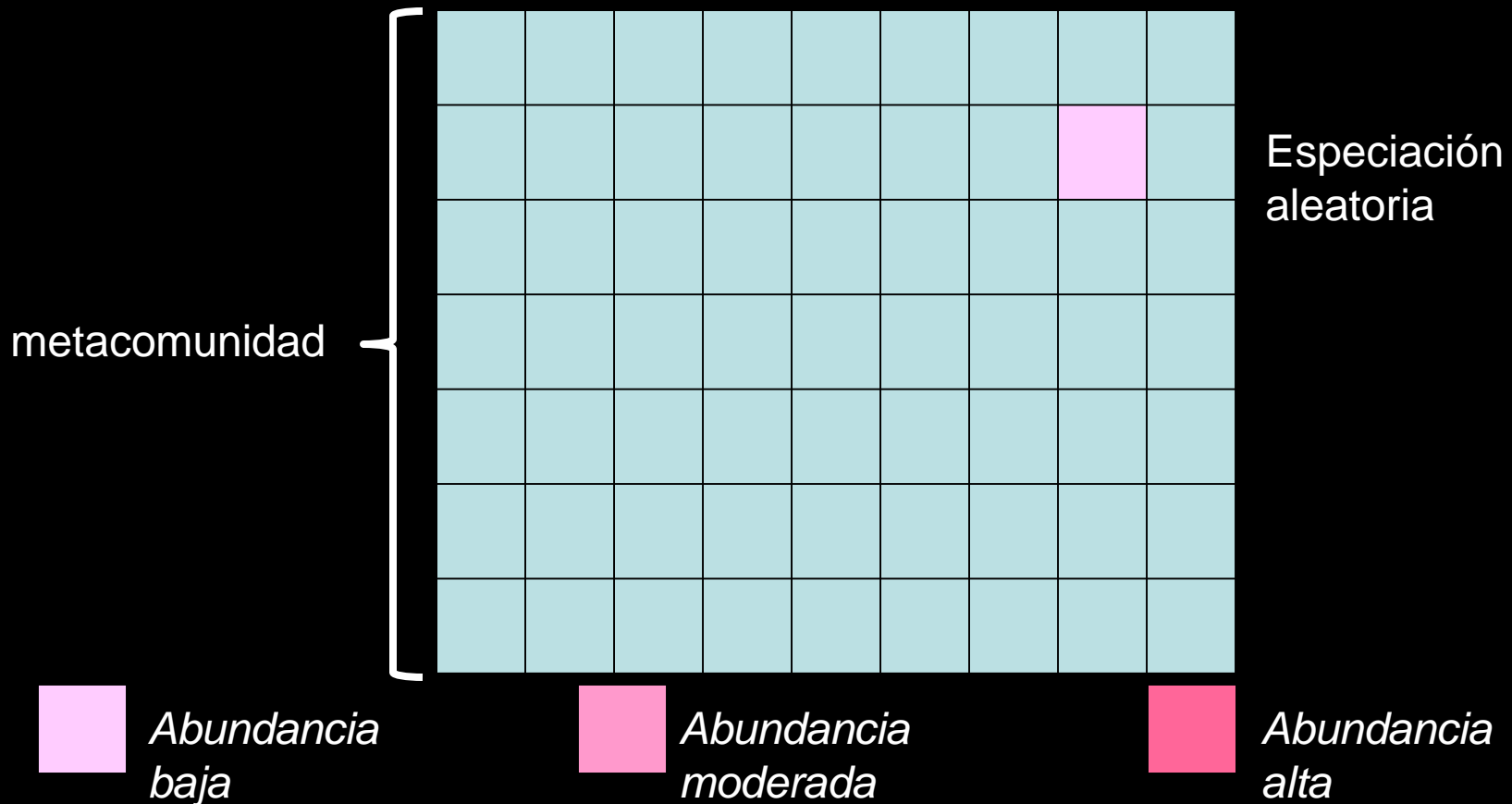
**-Cambios en la presencia y abundancia de especies en la Metacomunidad es por procesos estocásticos (aleatorios)**

**Puesto que la teoría está basada en procesos de inmigración y extinción**

**La incorporación de nuevas especies (inmigración) determinaría la diversidad y el número de especies abundantes y raras, mientras que las diferencias o similitudes entre especies serían irrelevantes.**

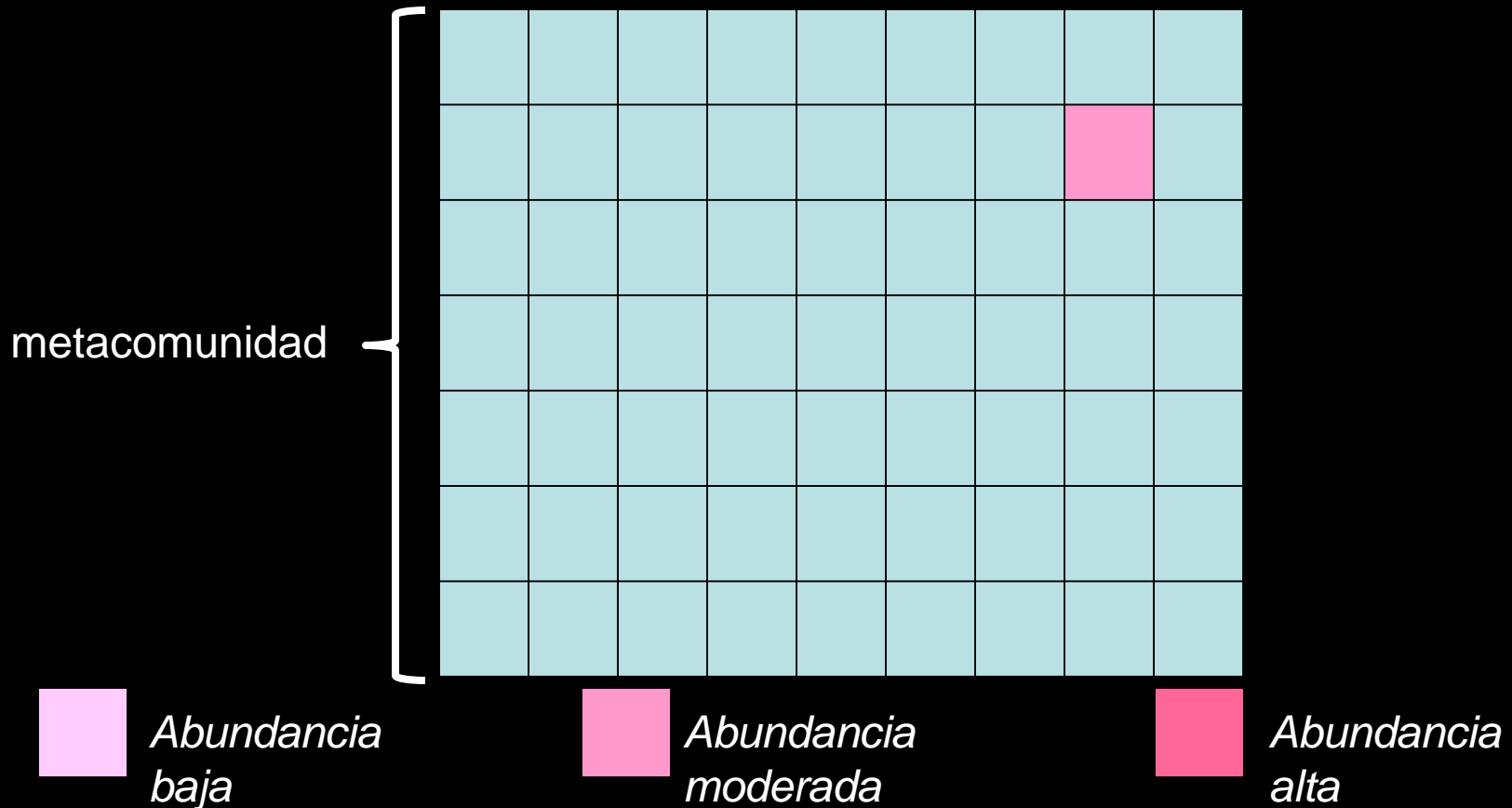
# Deriva Ecológica

Las especies se mueven (deriva) de forma aleatoria a través de la metacomunidad...



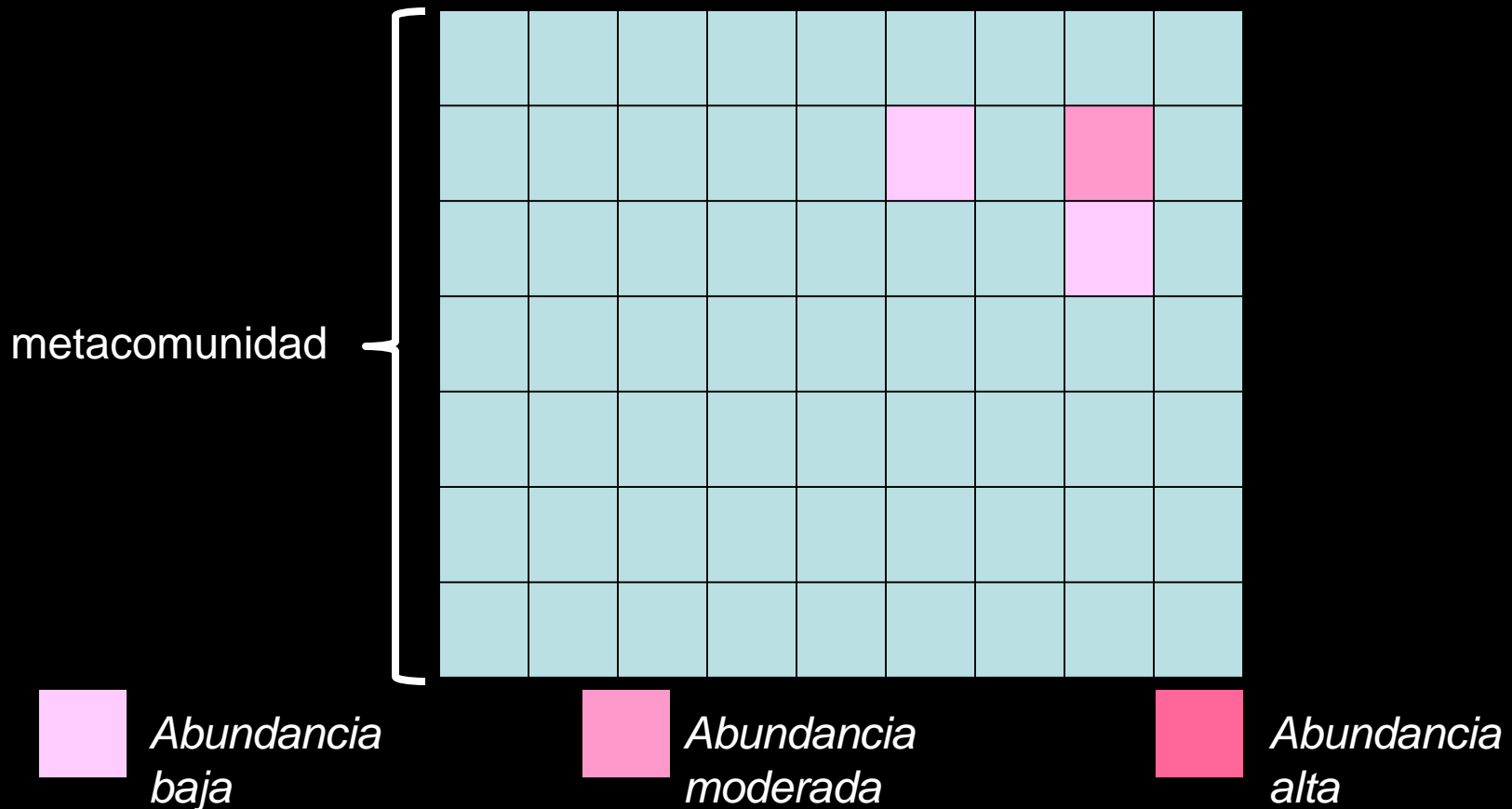
# Deriva Ecológica

Las especies se mueven (deriva) de forma aleatoria a través de la metacomunidad...



# Deriva Ecológica

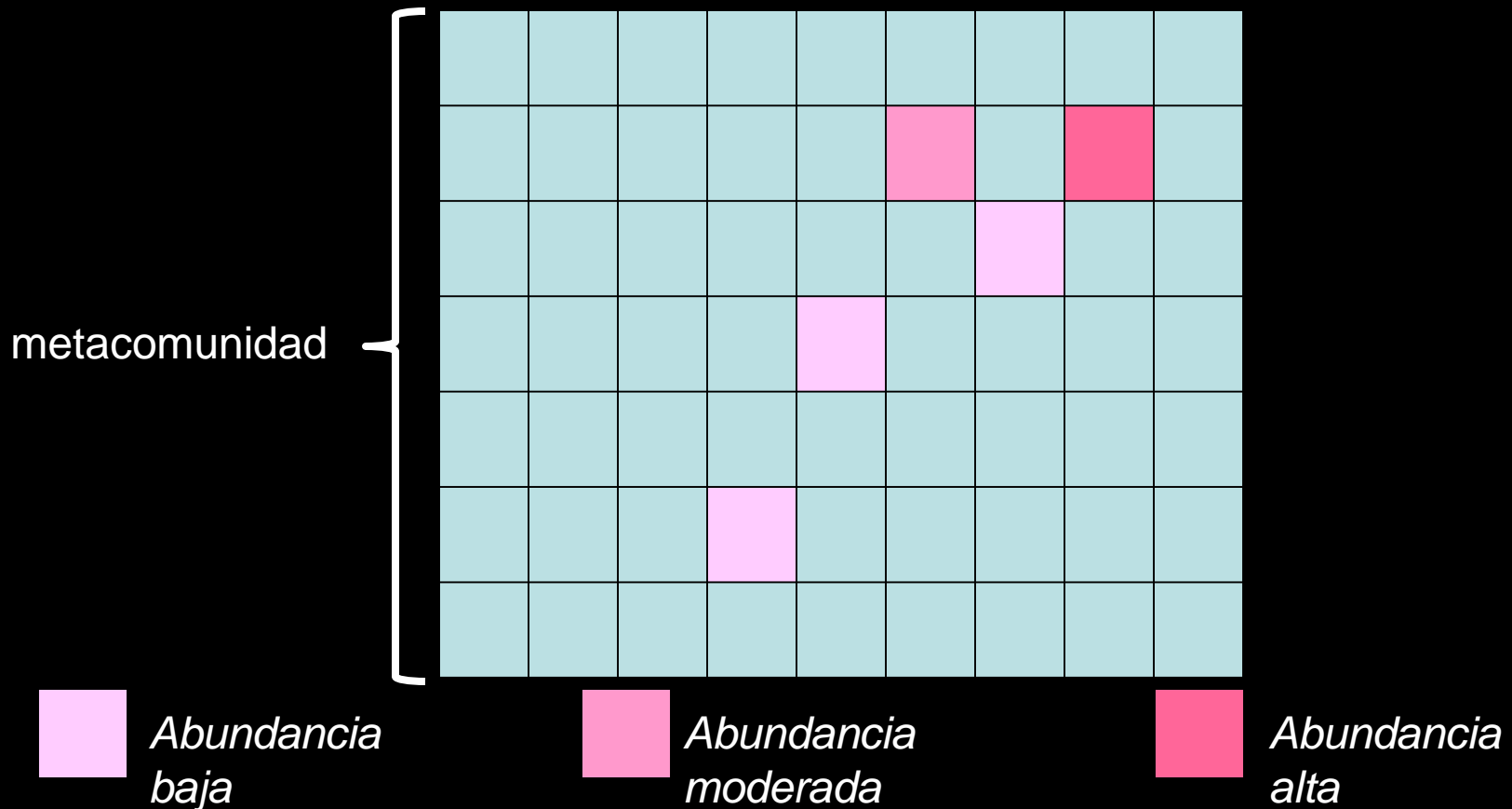
Las especies se mueven (deriva) de forma aleatoria a través de la metacomunidad...





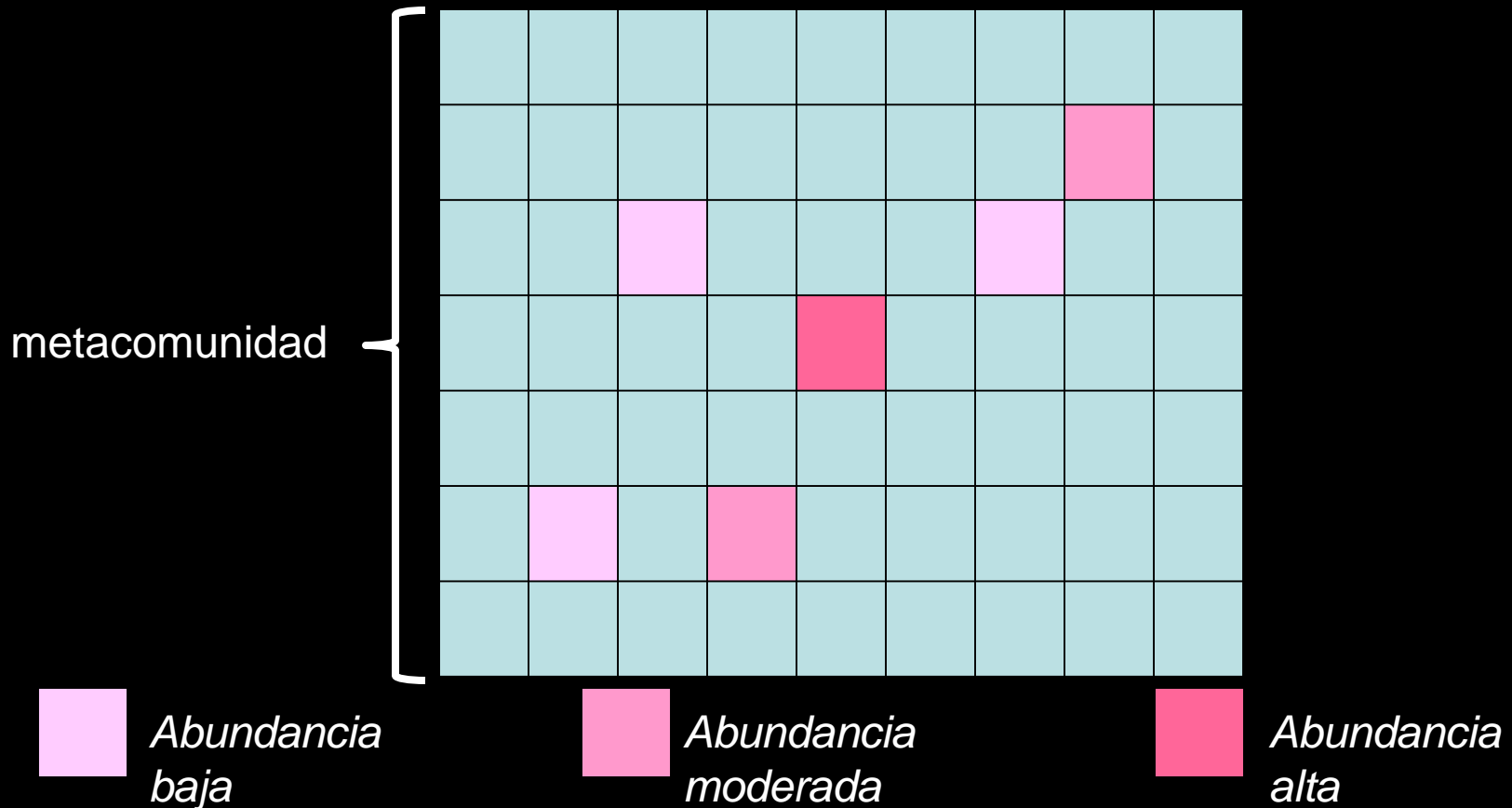
# Deriva Ecológica

Las especies se mueven (deriva) de forma aleatoria a través de la metacomunidad...



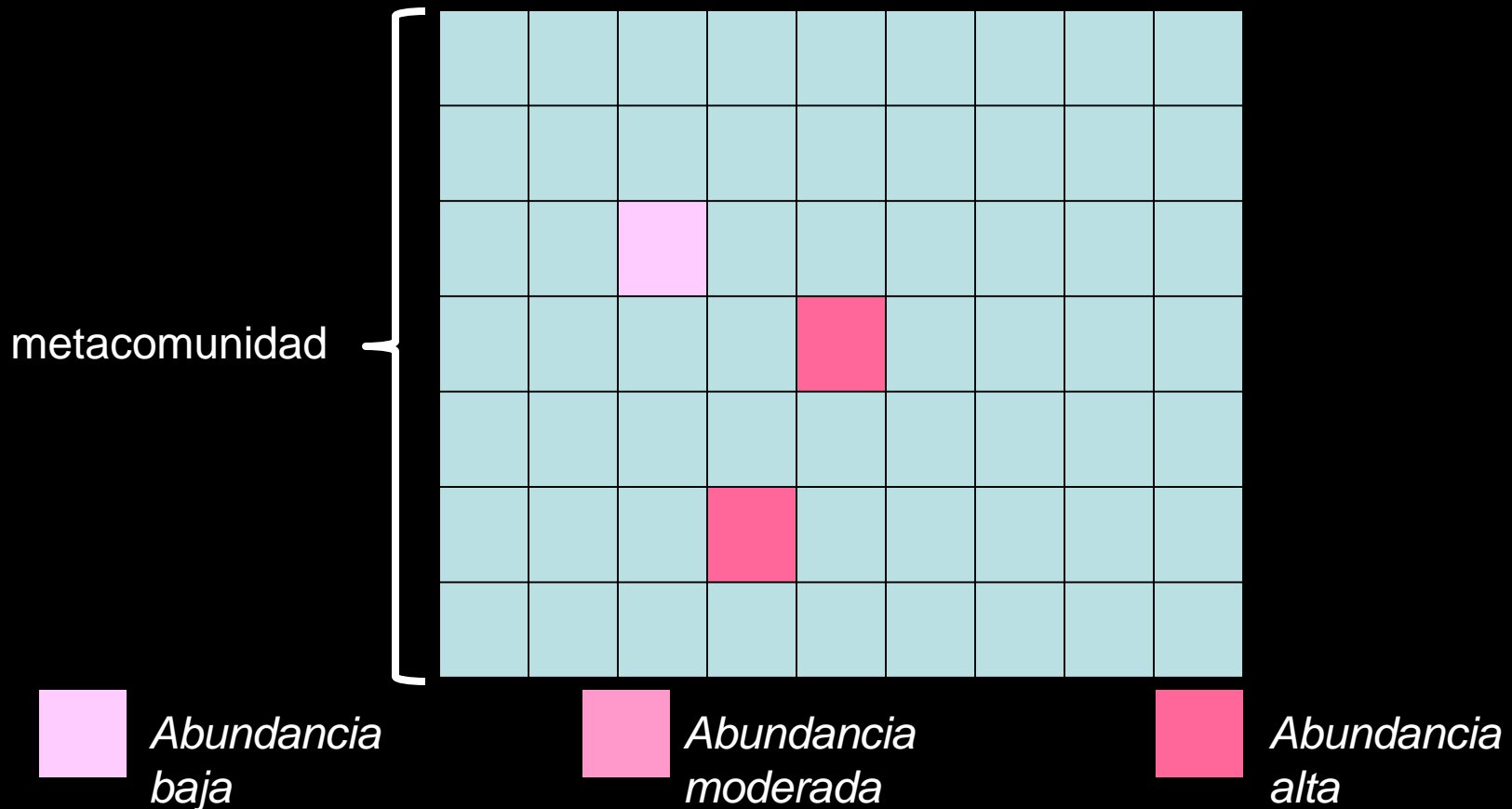
# Deriva Ecológica

Las especies se mueven (deriva) de forma aleatoria a través de la metacomunidad...



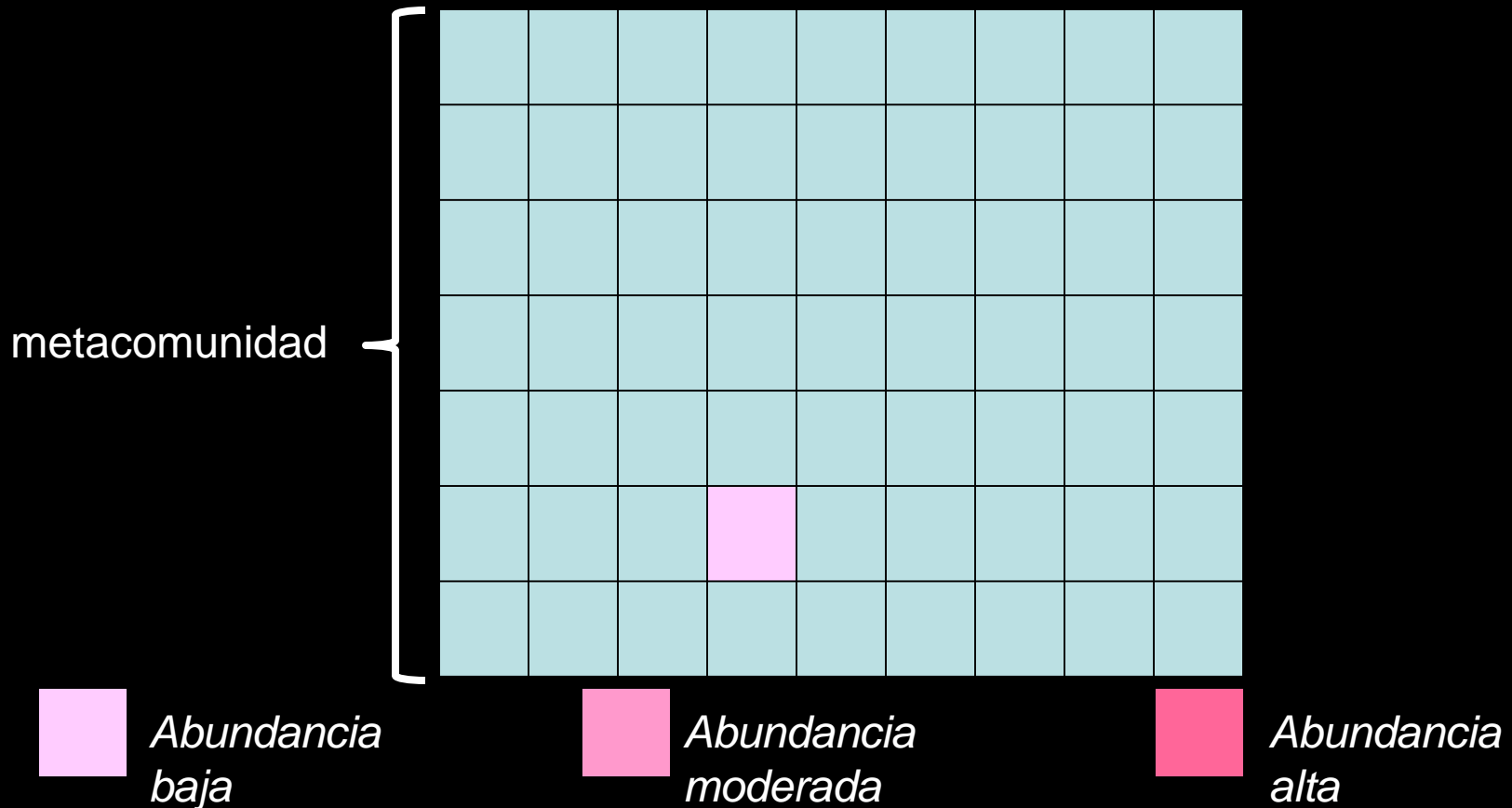
# Deriva Ecológica

Las especies se mueven (deriva) de forma aleatoria a través de la metacomunidad...



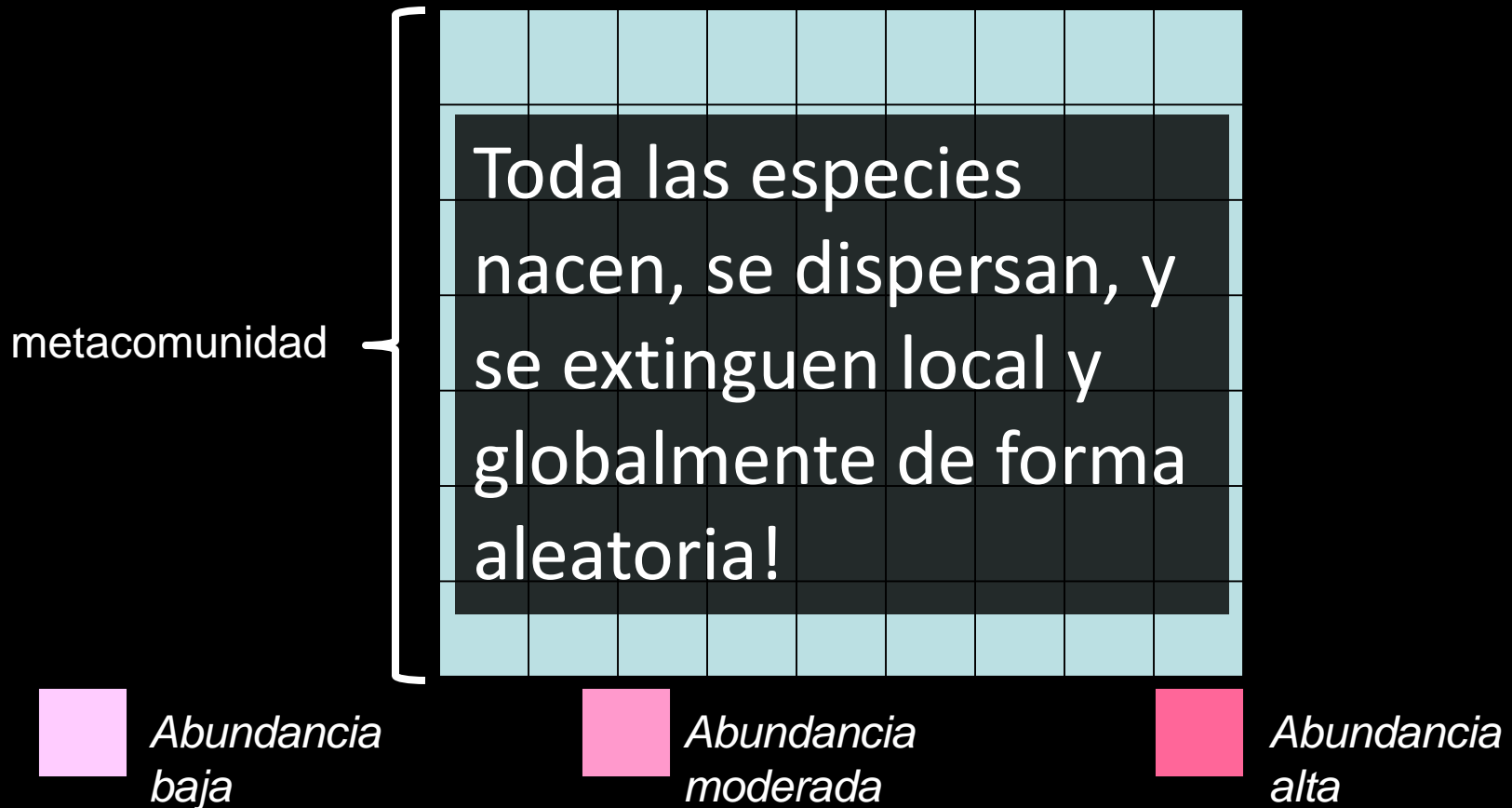
# Deriva Ecológica

Las especies se mueven (deriva) de forma aleatoria a través de la metacomunidad...



# Deriva Ecológica

Las especies se mueven (deriva) de forma aleatoria a través de la metacomunidad...



# Dadas estas suposiciones...

(y después de “seis semanas” de álgebra)

Hubbell generó esta relación:

$$\Theta = 2 A_m v$$

$\Theta$  es el “número de biodiversidad” de la comunidad

$A_m$  es el área de la metacomunidad

$v$  es la tasa de especiación

# Entonces?

- ¿Qué podemos hacer con  $\Theta$ ?
- $\Theta$  es muy parecida a la  $\alpha$  de Fisher
- La  $\alpha$  de Fisher puede ser usada para estimar la distribución de la abundancia de diferentes especies en una comunidad local

# Entonces?

- De acuerdo con Fisher et al. (1943), el número de especies en una comunidad es determinado por

$$S = \alpha \ln (1 + N/\alpha)$$

en donde

S= número de especies

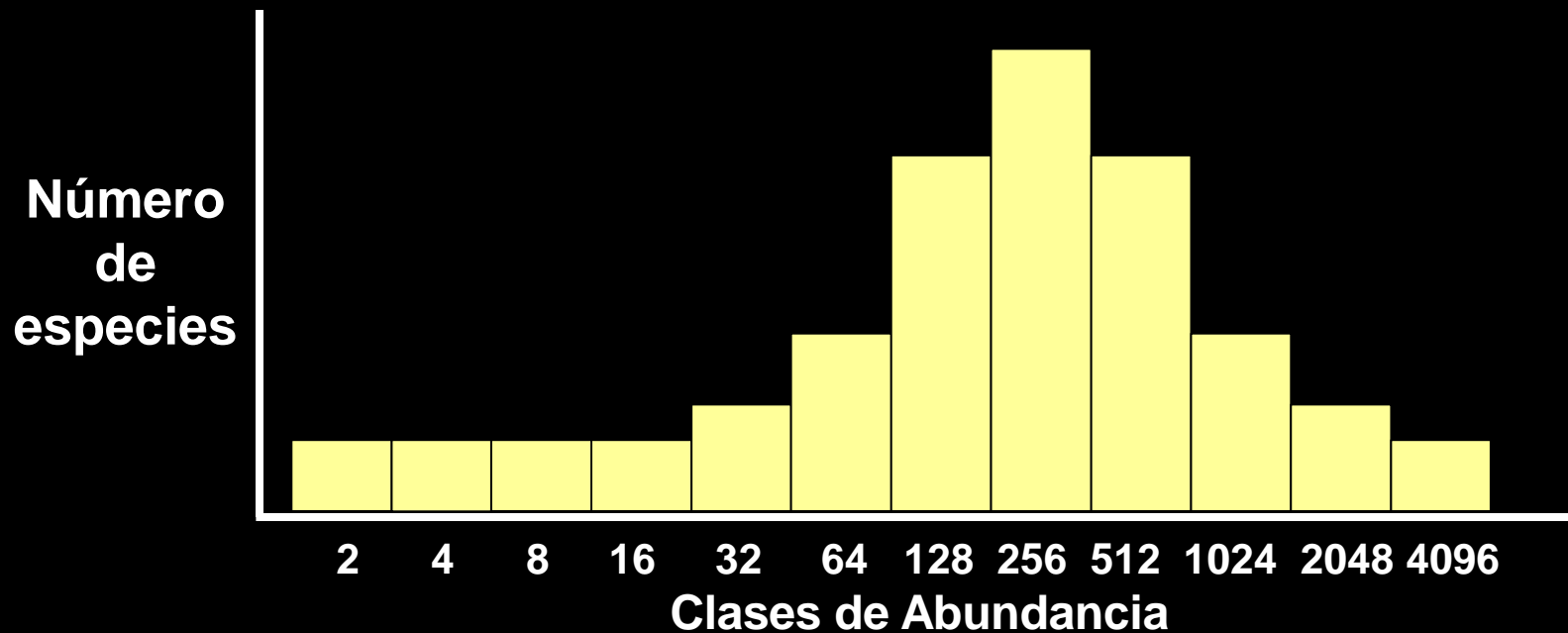
N= tamaño de muestra o comunidad

- La alpha de Fisher puede ser utilizada como una medida de biodiversidad



# Cuando Hubbell usa su $\Theta$ en la fórmula de la $\alpha$ de Fisher:

El modelo de Hubbell es uno de los pocos modelos que predice la distribución multinomial suma-cero



Distribución de la abundancia en una comunidad local

**¿Qué tan común es que datos  
de comunidades reales sigan  
las predicciones de Hubbell?**

# Comunidades de árboles (Cuadrantes de 50 ha en Panamá)

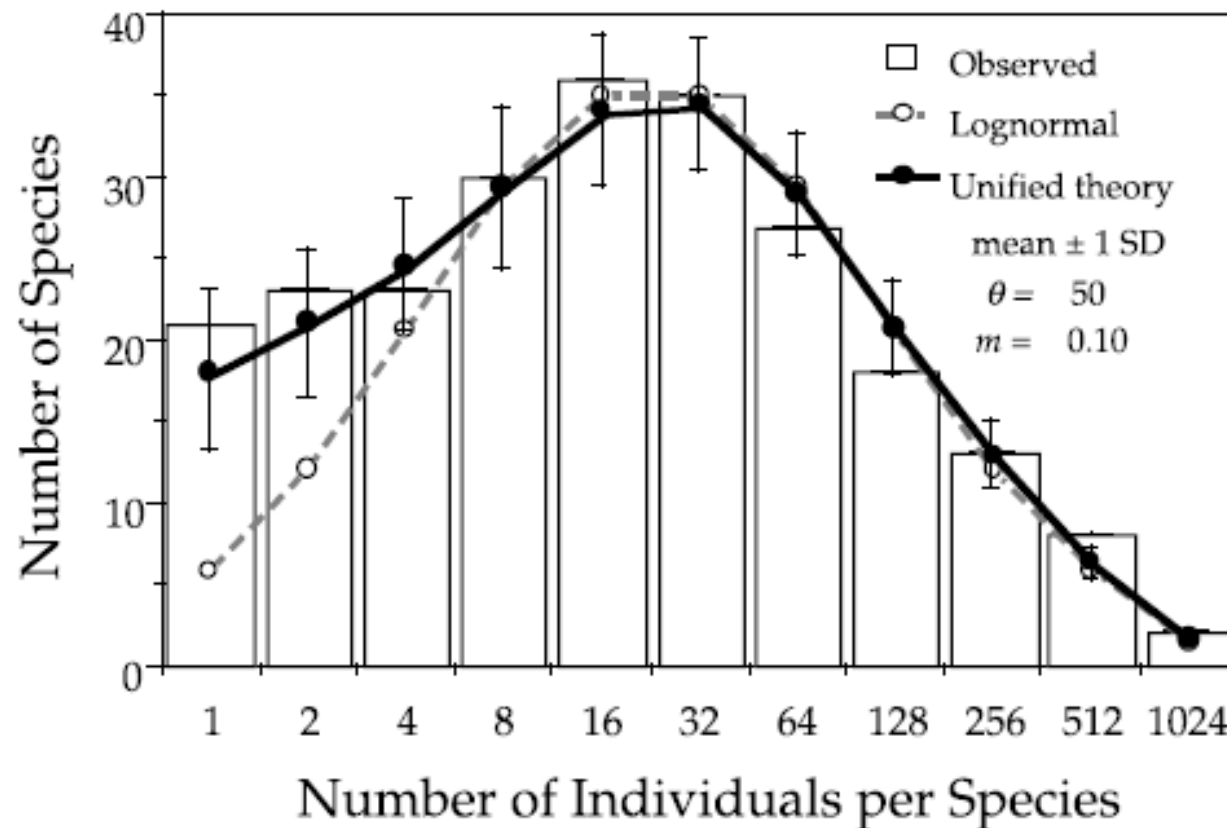


FIG. 5.7. Preston-type plot of relative species abundance for tree species  $>10$  cm dbh in the 50 ha BCI plot, compared with expectations from the lognormal, and from the zero-sum multinomial of the unified neutral theory, for  $\theta = 50$  and  $m = 0.10$ . The error bars are  $\pm 1$  standard deviation.

# Comunidades de árboles (Cuadrantes de 50 ha en Indonesia)

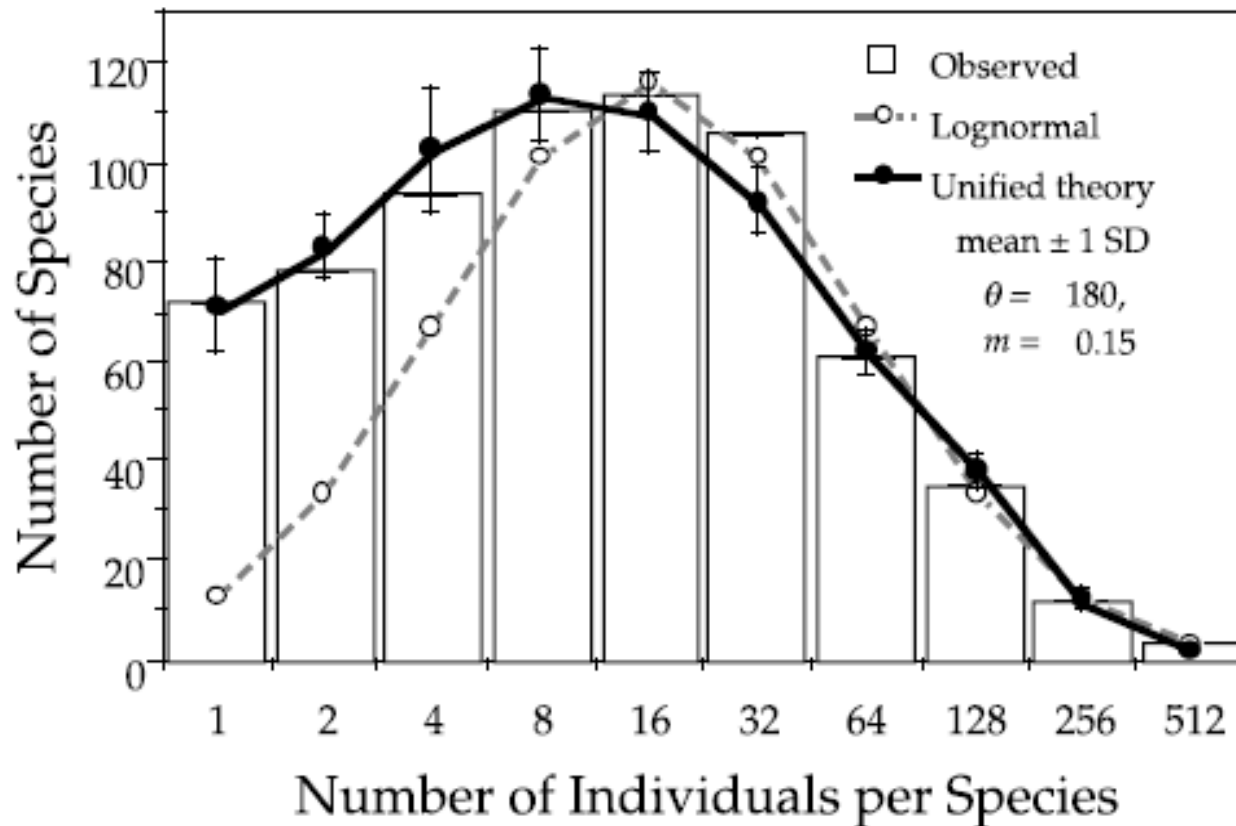
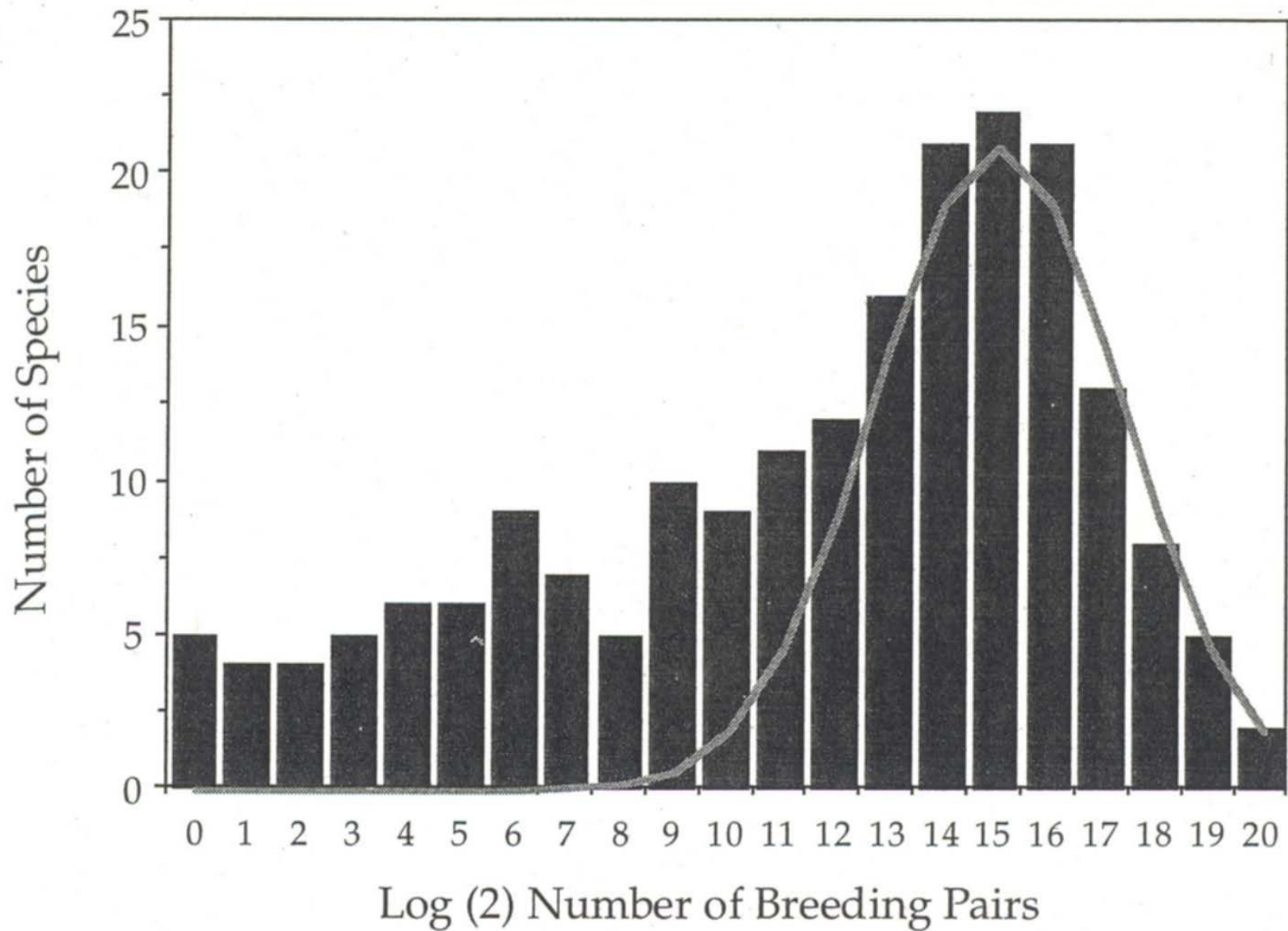


FIG. 5.8. Preston-type plot of relative species abundance for tree species  $>10$  cm dbh in the 50 ha Pasoh plot, compared with expectations from the lognormal, and from the zero-sum multinomial of the unified neutral theory, for  $\theta = 180$  and  $m = 0.15$ . The error bars are  $\pm 1$  standard deviation.

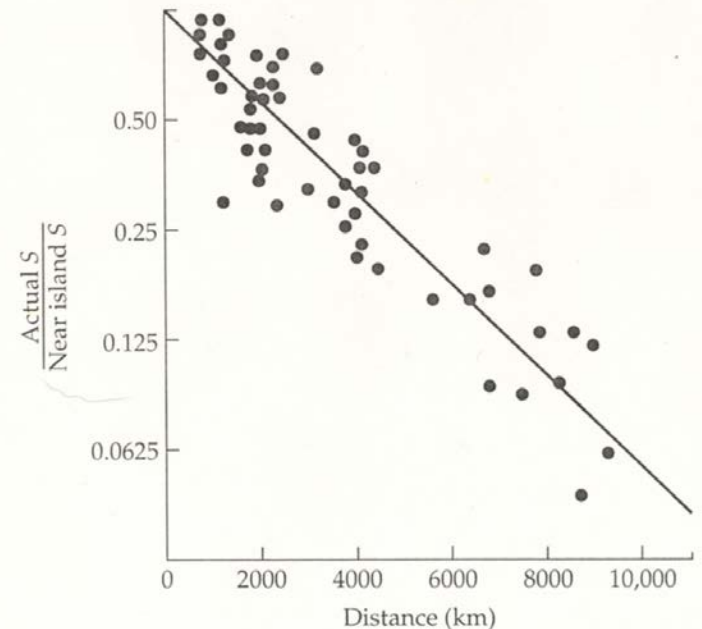
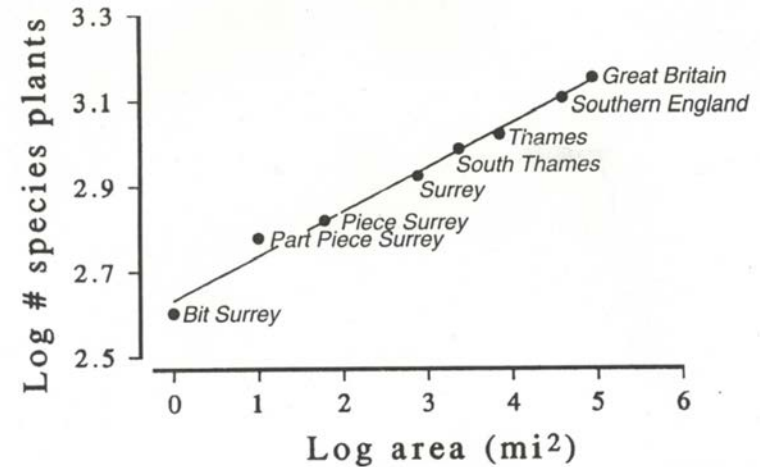
# Comunidad de aves de la Gran Bretaña



# Modelo de Hubbell también predice:

- Lo mismo que MacArthur-Wilson (área-especies, efecto distancia, tasa de cambio de especies, etc.)
- Que las curvas área-especies son lineares en figuras con ejes logarítmicos
- Mucho más!

First Species-Area Curve  
Watson (1859)



# PERO...

Hay muchos estudios que sugieren que las suposiciones de neutralidad de Hubbell están mal:

- Especies si tienen nichos distintos
- Especies ganan o pierden en procesos de competencia
- Algunas comunidades si tienen composición de especies predecibles, repetibles (hasta constantes)
- Especies si tienen diferentes: tasas de nacimiento, tasas de mortalidad y habilidades competitivas

# Una prueba empírica

## Comunidad de árboles en el Amazonas Kraft, Valencia, & Ackerley (2008)

- Cuadrantes de 25 hectáreas de bosque en el Amazonas
  - Dinámicas en cuadrantes del bosque Yasuni, Ecuador
  - 1100 especies de árboles
- Como esta estructurada la comunidad de arboles?
  - Modelo Neutro?
  - Modelo de ensamble de Nichos?

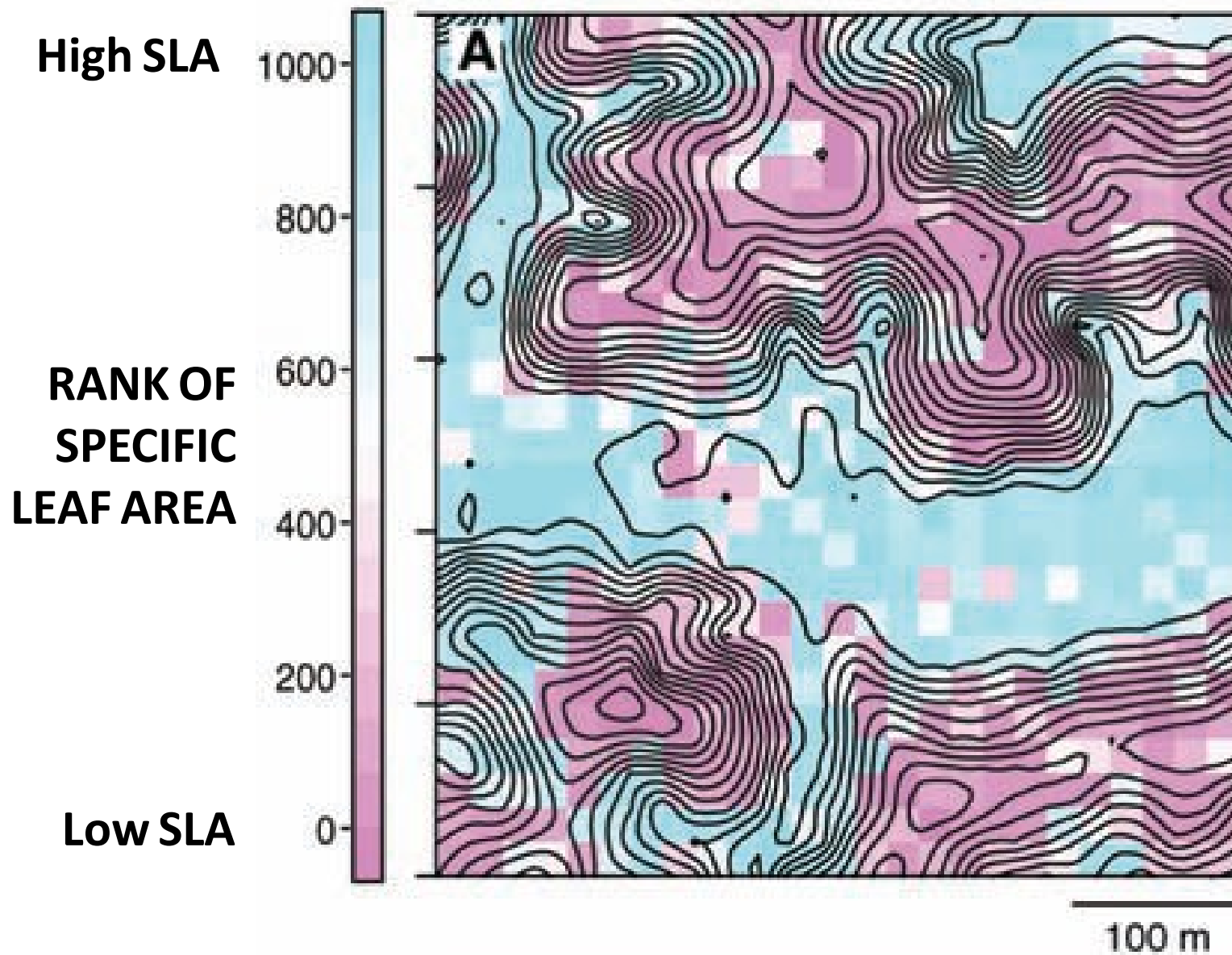


# Kraft et al. (2008)

- Las características de los árboles varían
  - Área específica de la hoja ("SLA") = (área/masa)
  - Concentración de Nitrógeno en hojas
  - Tamaño de las hojas (área)
  - Masa de la semillas
  - Diámetro y altura máximas
- Suponemos que las características están relacionadas a la utilización de recursos (diferenciación de nichos)

# **Kraft et al. (2008)**

- **Si la teoría neutra fuera correcta, esperaríamos que NO HUBIERA PATRONES en la distribución de estas características**
- **Si la teoría de ensamble de nichos fuera la correcta entonces esperaríamos que:**
  - **Especies en ambientes similares tengan características similares (filtros ambientales)**
  - **Las características de especies del mismo lugar difieran más que con especies de otros lugares (diferenciación de nichos)**



# Kraft et al. (2008)

“...nuestros resultados apoyan al modelo de nicho en las dinámicas de bosques tropicales, en donde pequeños pero importantes especializaciones al medio ambiente... contribuyen a la coexistencia de especies”

# Entonces...

- Grandes debates y discusiones sobre el modelo neutro de Hubbell
- Parece que hace predicciones únicas y precisas...  
...a pesar de hacer suposiciones incorrectas

# **Rosindell et al. (2011)**

**“Ningún ecólogo cree que el mundo en realidad es neutro. Los ecólogos que proponen la utilización de la teoría neutra simplemente aseguran que los modelos neutros tienen valor al ser agregados a la caja de herramientas del ecólogo”**

**“Si un modelo neutro es inconsistente con los datos, uno puede aprender algo sobre que factores biológicos que estan faltando son necesarios para mejorarlo”**

# Dos Líneas en las Teorías de la Ecología de Comunidades

## Curvas Área-Especies

*(Gleason 1922, Preston 1948, 1962)*



## Teoría de Biogeografía de Islas

*(MacArthur and Wilson 1967)*



## Teoría Neutra de Biodiversidad

*(Hubbell 2001)*



## Perspectiva Ensamble Dispersión

*(regional o paisaje)*

## Principio de Exclusión Competitiva

*(Gause 1932, 1934)*



## Partición de Nichos, Similaridades Limitadas

*(Hutchinson 1959, MacArthur 1972)*



## Reglas de Ensamble de Comunidades

*(Diamond 1975)*



## Perspectiva Ensamble de Nichos

*(local)*

**Leer:**

**Palma 2010**

**y**

**Adler et al. 2007**