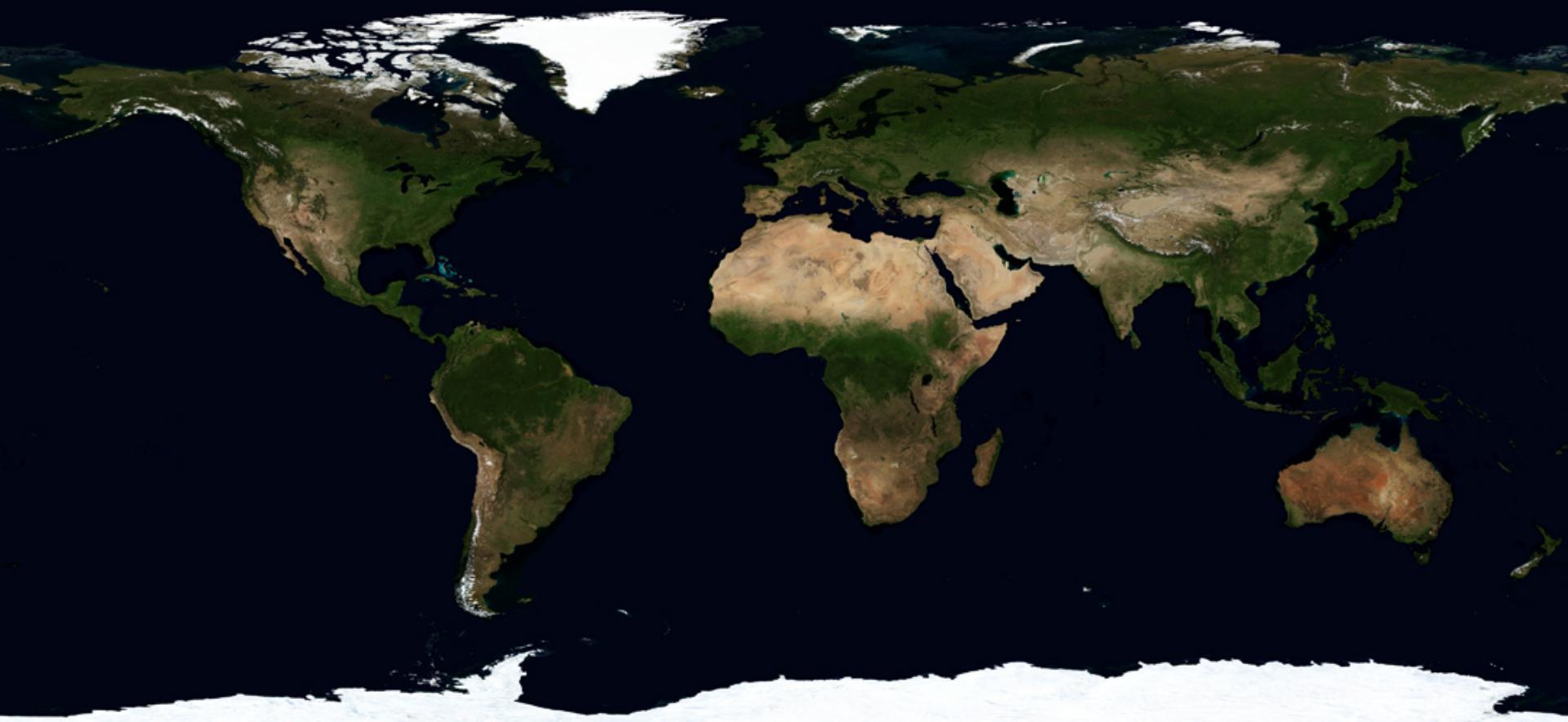


# Ecología de Comunidades

## Clase 9



# Ecología de Comunidades

## I. Características de la comunidades

## II. Factores que afectan a las comunidades

Factores Históricos

Factores Regionales (Paisaje)

Biogeografía de islas, metapoblaciones, etc.

Factores Locales

Factores físicos, competición, depredación, etc.

## III. Dinámica de Comunidades (sucesión)

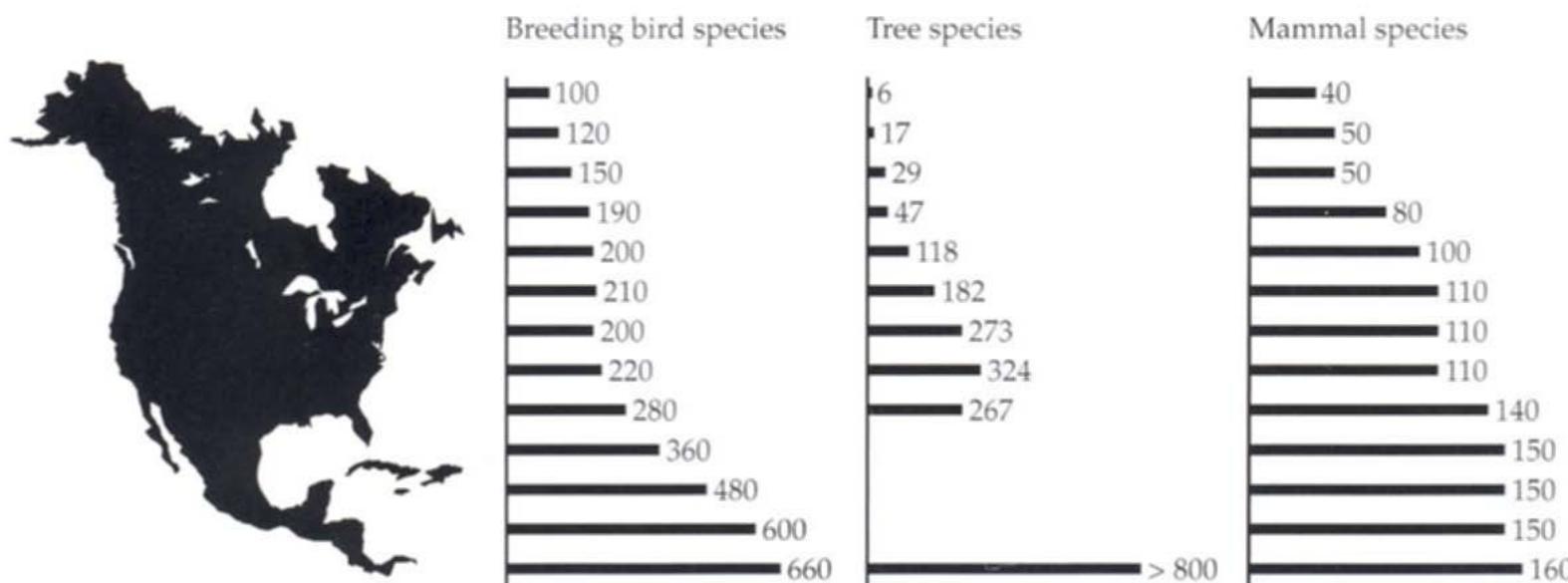
## IV. Diversidad de especies y función de los ecosistemas

# Cambios en la Comunidades a lo largo de gradientes físico-ambientales

- Composición de especies

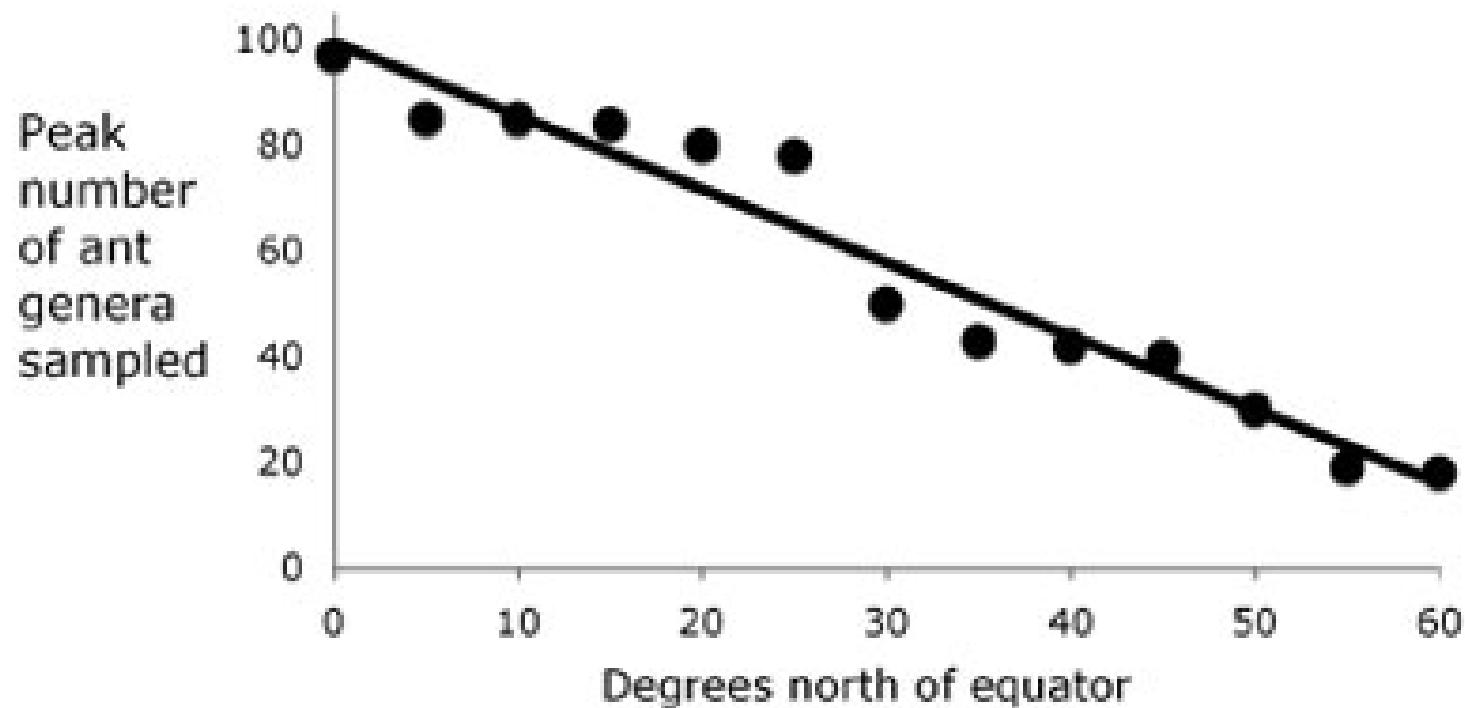
- Riqueza de especies

# Gradiente Latitudinal de Riqueza



**FIGURE 3.5** In North America, as in all the continents, the numbers of bird, tree, and mammal species increase toward the Tropics. The numbers of species indicated in the bar graphs correspond to latitude in the map at left. Tree species diversity is not available for some lower latitudes. (From Briggs 1995.)

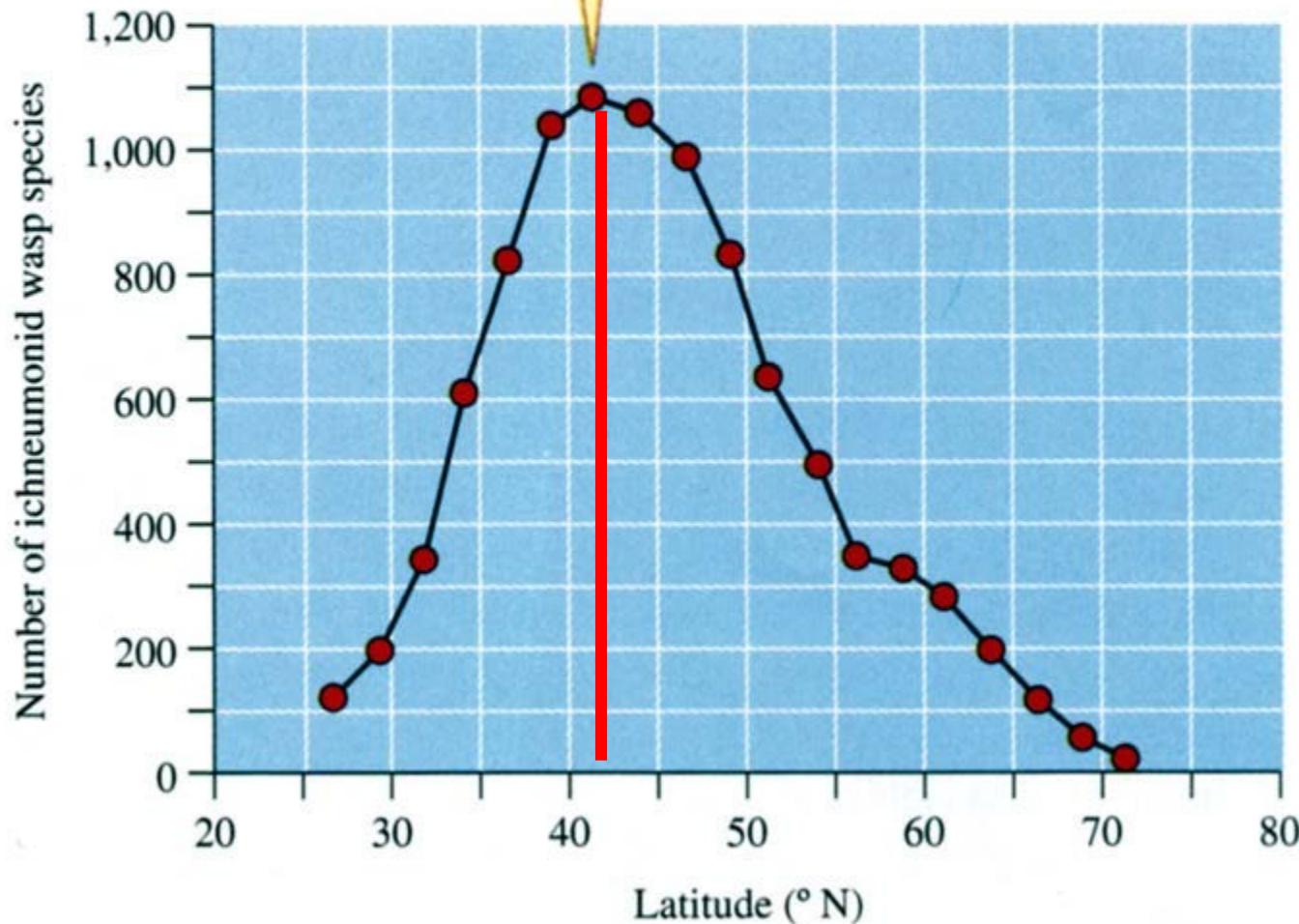
# Gradiente Latitudinal de Riqueza



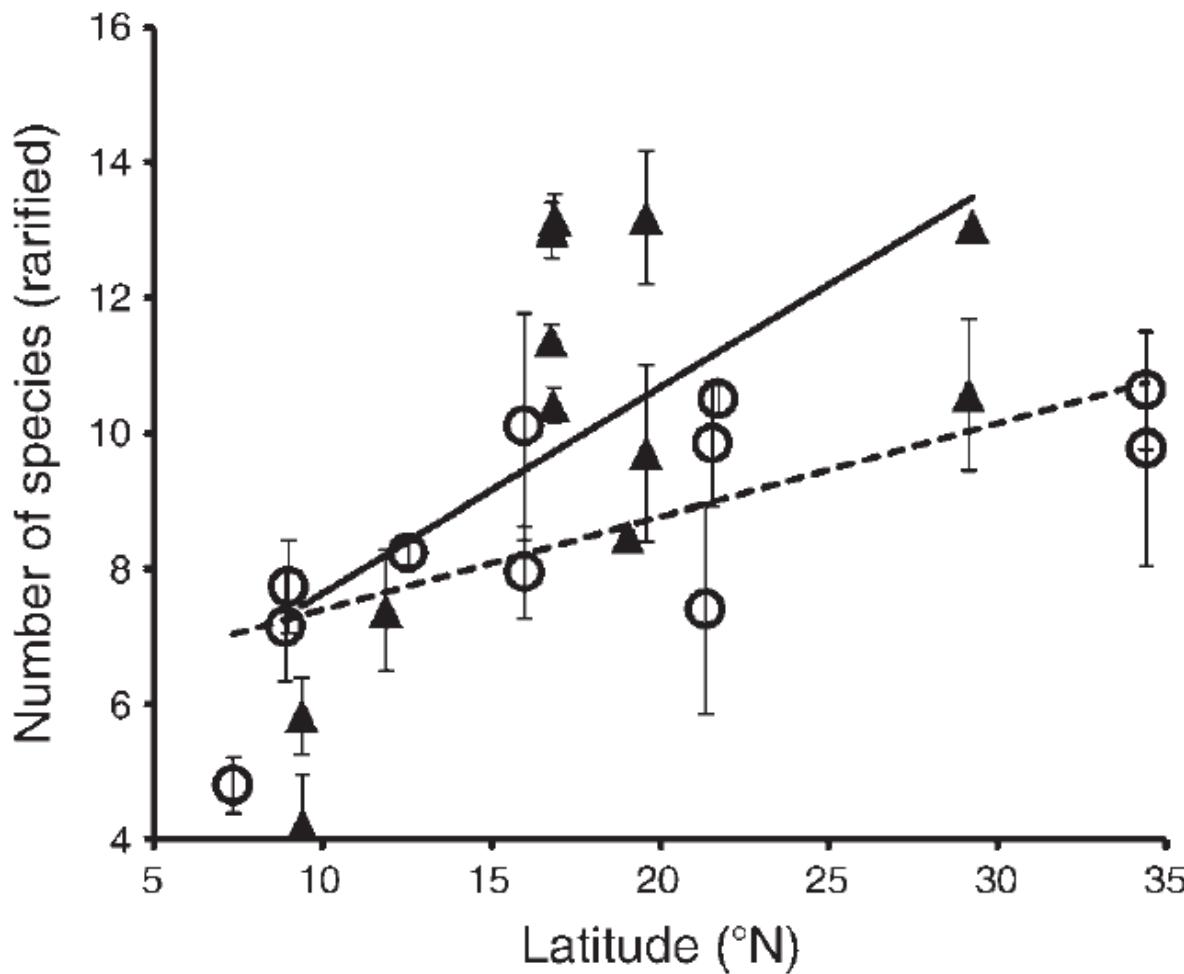
Hormigas en el hemisferio norte

Algunos  
grupos no  
siguen este  
patrón...

Ichneumonid wasp  
species richness peaks  
at middle latitudes.

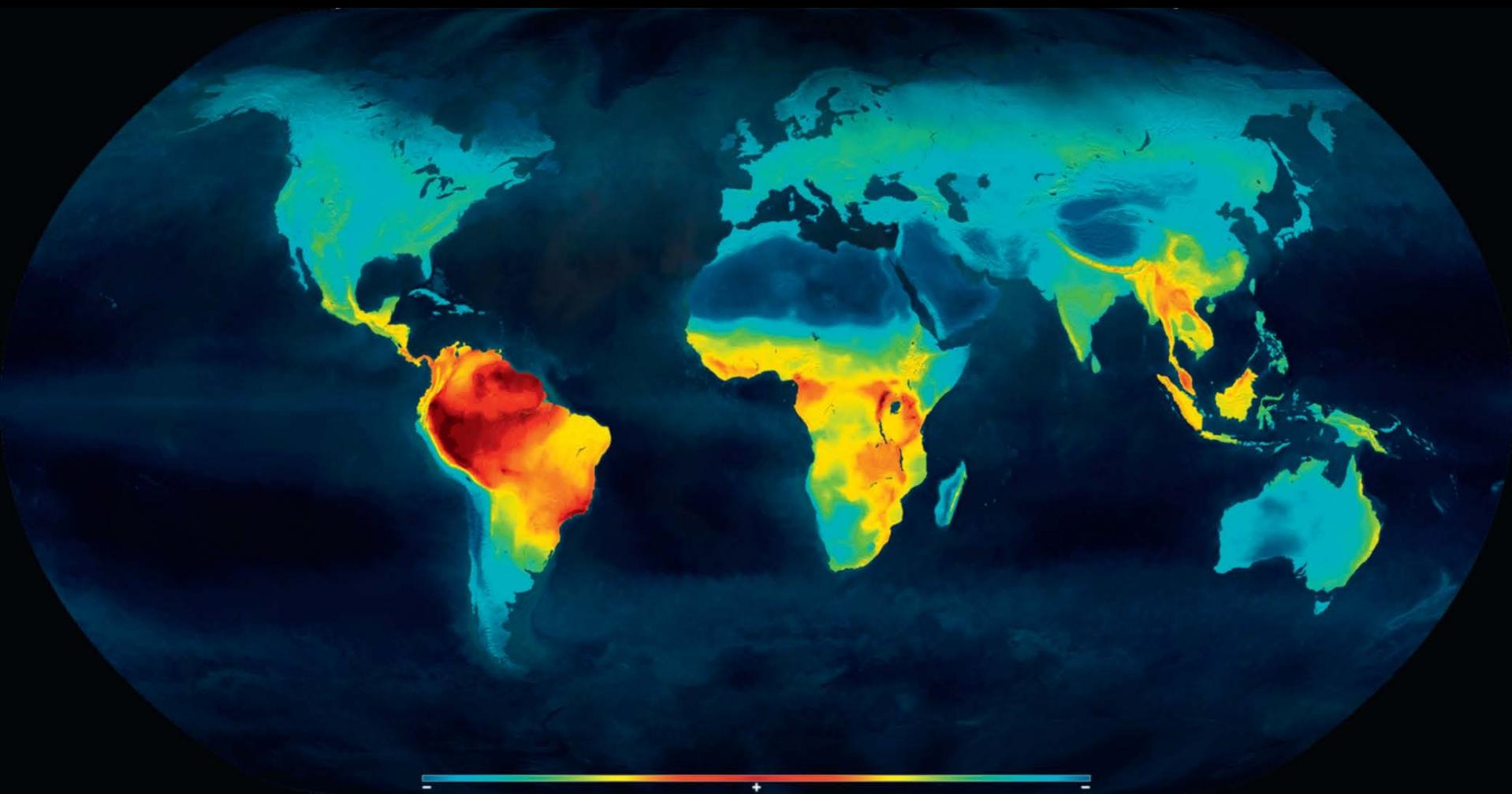


# Gradiente latitudinal de diversidad inverso



Trematodos en  
caracoles  
intermareales

# Gradiente Latitudinal de Riqueza

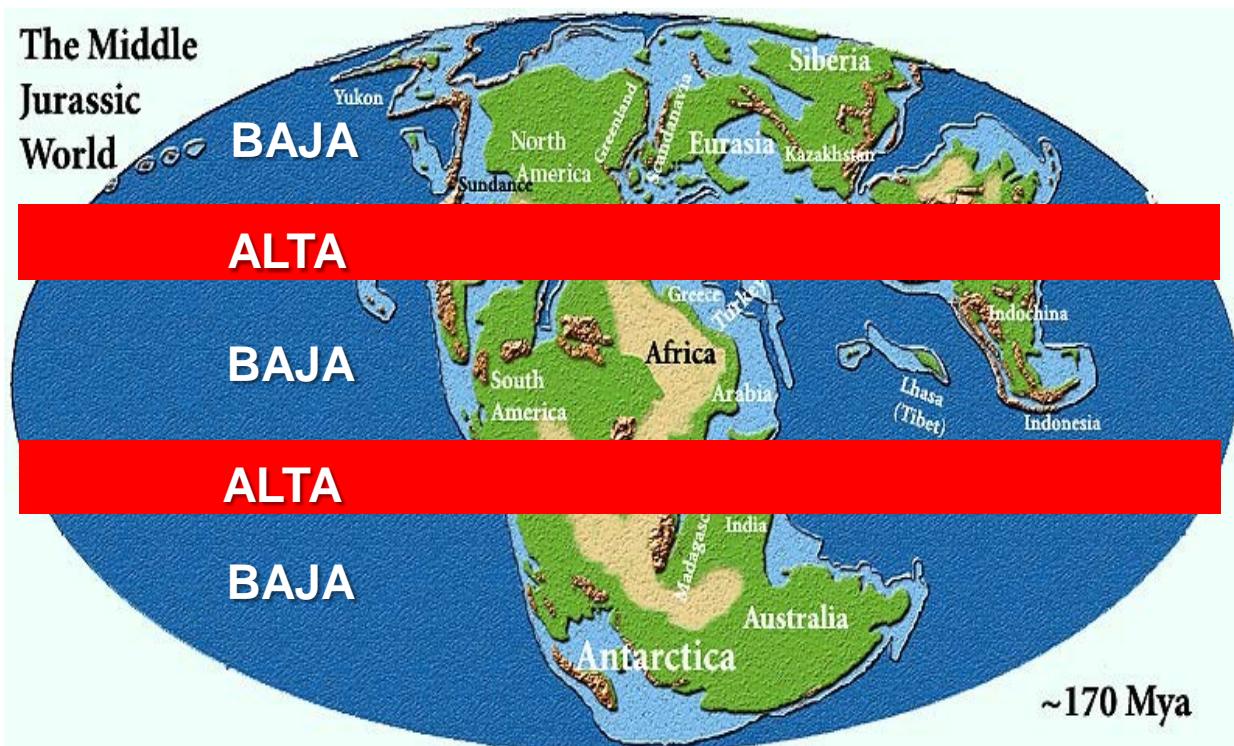


Riqueza de especies de vertebrados

(Mannion et al. 2014)

# Por una gran parte del tiempo, la riqueza de especies fue más alta en latitudes medias

Desde 50 hasta 250 millones...

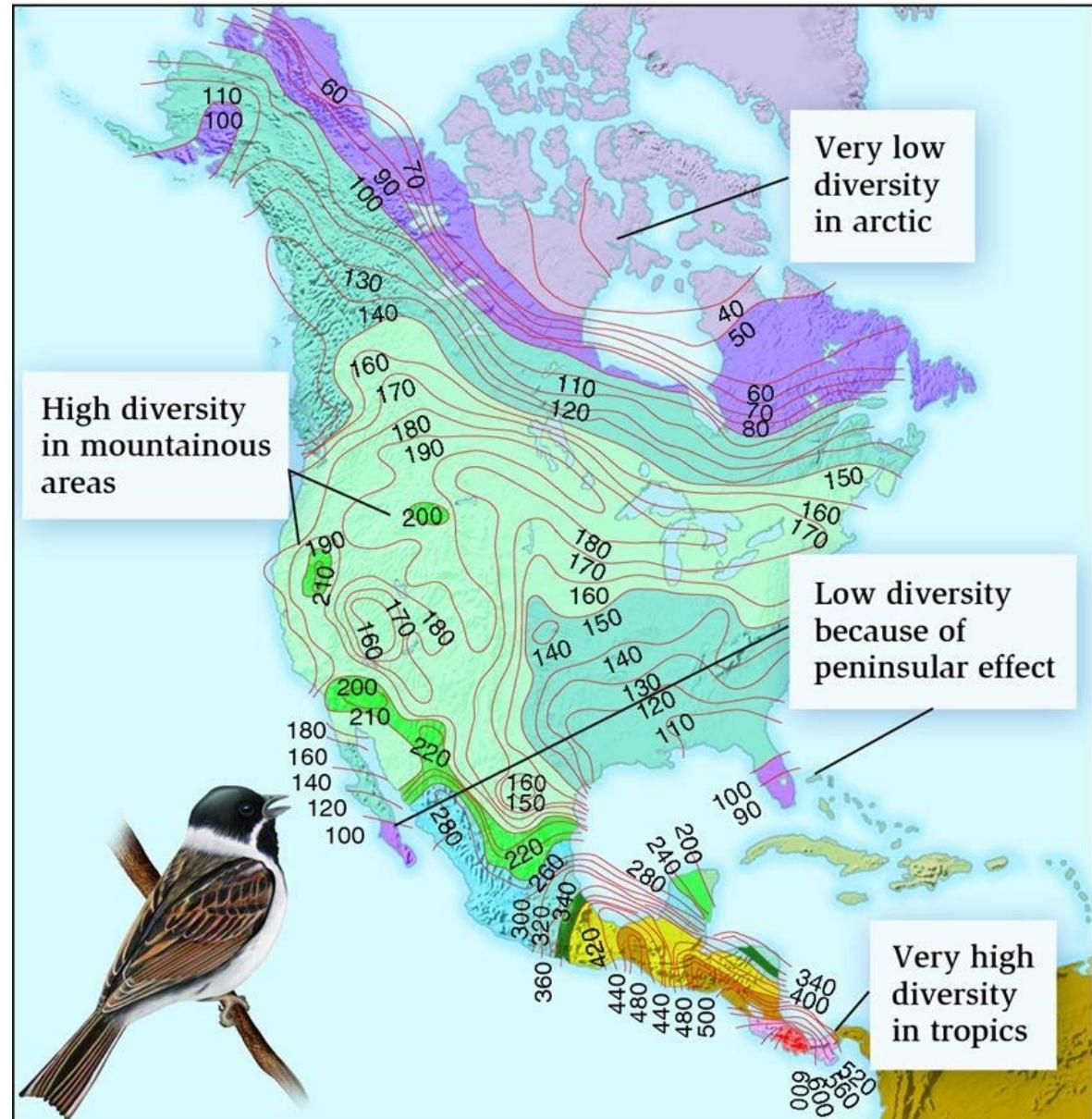


(Mannion et al. 2014)

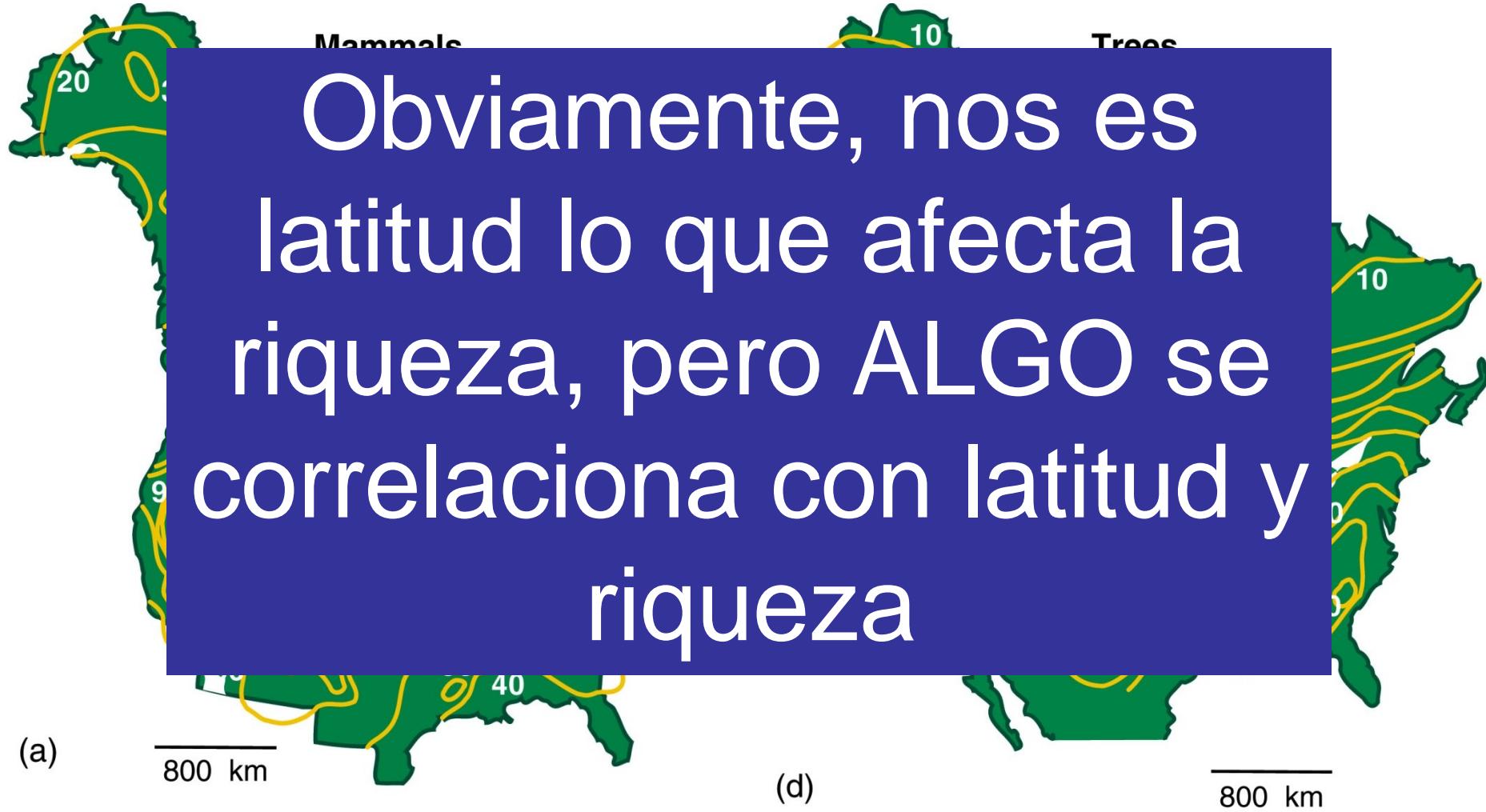
# Especies de aves de Norte America

Correlación con latitud...

pero hay mucha variación en todas las latitudes



Obviamente, nos es latitud lo que afecta la riqueza, pero ALGO se correlaciona con latitud y riqueza



¿El gradiente latitudinal de riqueza de especies?

Normalmente la riqueza de especies aumenta hacia el ecuador, aunque hay algunas excepciones

¿Por qué?

¿Cuál es la teoría?

# ¿Por qué hay más especies en los trópicos?

- **Hipótesis de Energía**
  - Hipótesis de productividad
  - Hipótesis de Energía Cinética
- **Hipótesis de Estabilidad Climática**
- **Hipótesis de Área (disponibilidad de hábitat)**
- **Hipótesis de Historia Evolutiva**

# Hipótesis de Productividad

Coleman et al. 1982, Turner 1992, Hawkins et al. 2003, Currie et al. 2004

**Cuando los niveles de energía son BAJOS:**

- ¿Disponibilidad de Recursos?
- ¿Condiciones para el crecimiento?
- ¿Producción primaria?
- ¿Tamaño de población?
- ¿Tasas de extinción?
- RIQUEZA DE ESPECIES: **BAJA**

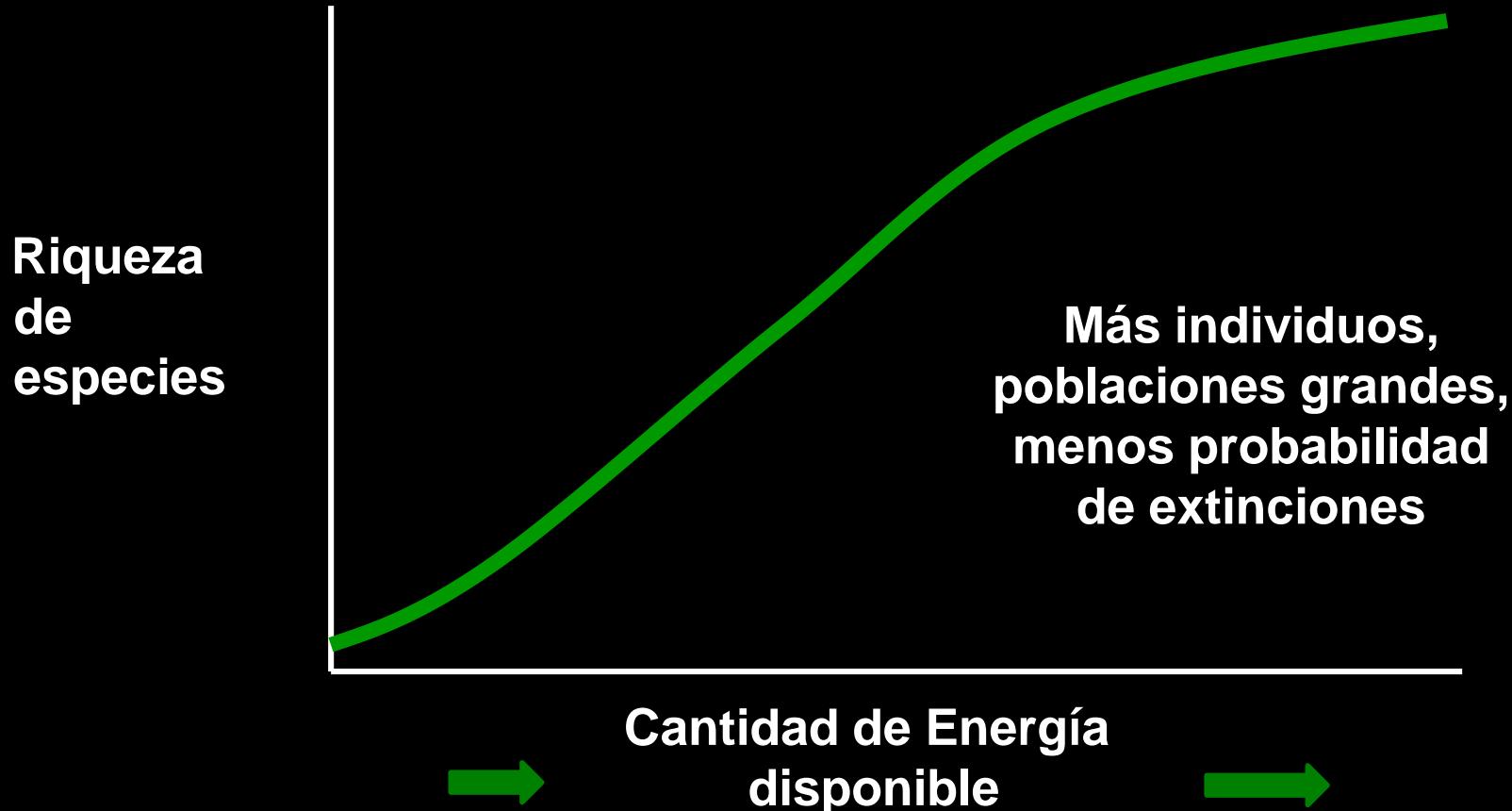
# Hipótesis de Productividad

Coleman et al. 1982, Turner 1992, Hawkins et al. 2003, Currie et al. 2004

**Cuando los niveles de energía son ALTOS:**

- ¿Disponibilidad de Recursos?
- ¿Condiciones para el crecimiento?
- ¿Producción primaria?
- ¿Tamaño de población?
- ¿Tasas de extinción?
- RIQUEZA DE ESPECIES: ALTA

# Hipótesis de Productividad



# ¿Por qué hay más especies en los trópicos?

- **Hipótesis de Energía**
  - Hipótesis de productividad
  - Hipótesis de Energía Cinética
- **Hipótesis de Estabilidad Climática**
- **Hipótesis de Área (disponibilidad de hábitat)**
- **Hipótesis de Historia Evolutiva**

# Hipótesis de Energía Cinética

(Rohde 1992, Allen et al. 2007)

- **Energía Cinética: energía del movimiento**
  - Calor: Movimiento molecular aleatorio
- **Mas energía cinética (calor)**
  - Mayor actividad metabólica, tasas de especiación mayores, mayor riqueza de especies
  - Adaptación a temperaturas bajas puede ser un mecanismo complicado

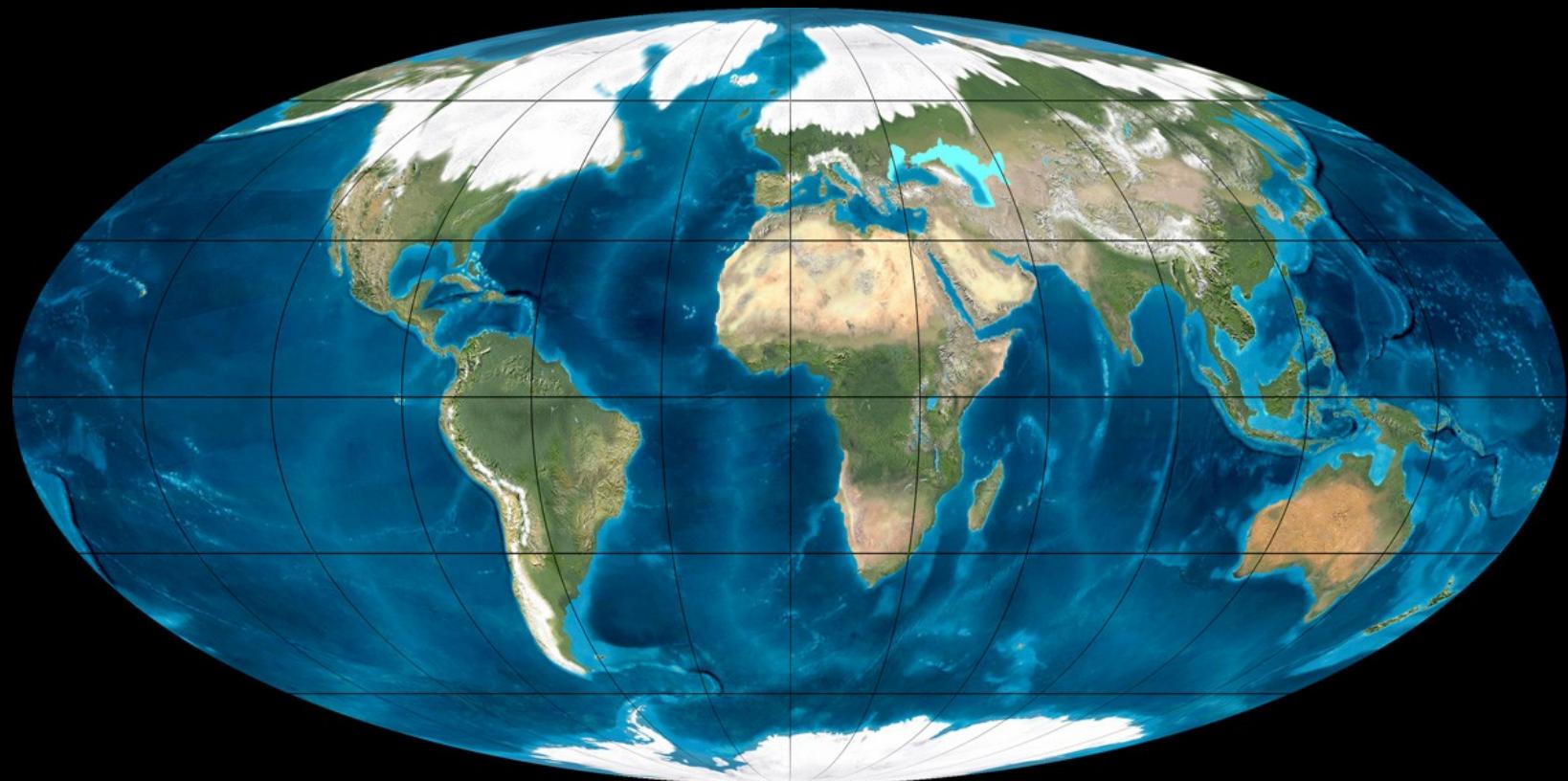
# ¿Por qué hay más especies en los trópicos?

- **Hipótesis de Energía**
  - Hipótesis de productividad
  - Hipótesis de Energía Cinética
- **Hipótesis de Estabilidad Climática**
- **Hipótesis de Área (disponibilidad de hábitat)**
- **Hipótesis de Historia Evolutiva**

# Hipótesis de Estabilidad Climática

- Los trópicos tienen mayor estabilidad climática que las zonas templadas y polares (menos disrupción)
- Mayor tiempo para procesos evolutivos, diversificación de nicho (especialización)

# Hipótesis de Estabilidad Climática

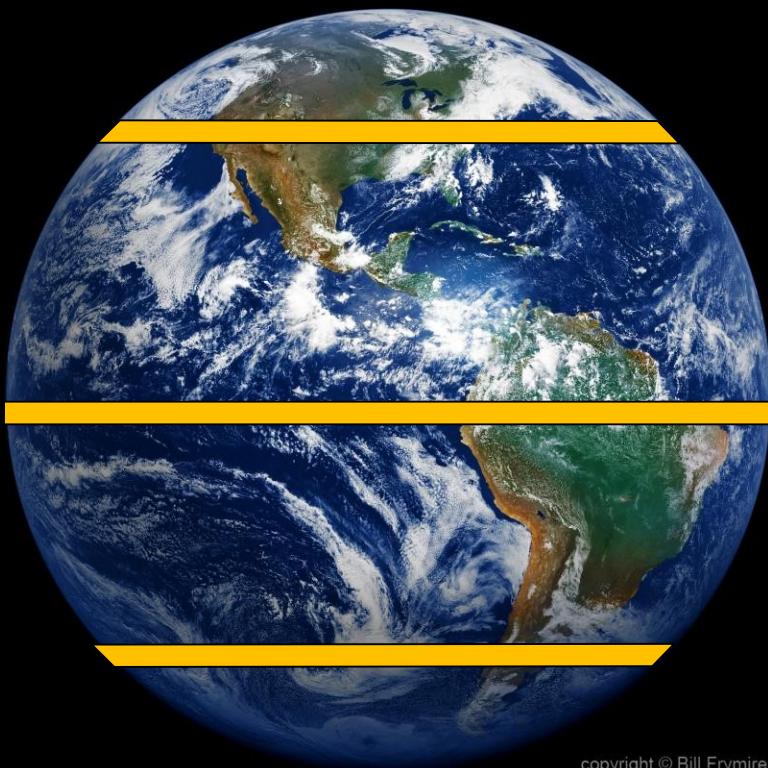


**En los últimos 2.5 millones de años las latitudes norte han estado bajo hielo (glaciares) 20 veces!**

# ¿Por qué hay más especies en los trópicos?

- **Hipótesis de Energía**
  - Hipótesis de productividad
  - Hipótesis de Energía Cinética
- **Hipótesis de Estabilidad Climática**
- **Hipótesis de Área (disponibilidad de hábitat)**
- **Hipótesis de Historia Evolutiva**

# Hipótesis de Área (disponibilidad de hábitat)



copyright © Bill Frymire

**Un grado de latitud  
cubre más área en los  
trópicos que cerca de  
los polos**

**Los Trópicos tienen más área:**

- ***Poblaciones más grandes***
- ***Mas oportunidad de  
aislamiento, especiación***

# ¿Por qué hay más especies en los trópicos?

- **Hipótesis de Energía**
  - Hipótesis de productividad
  - Hipótesis de Energía Cinética
- **Hipótesis de Estabilidad Climática**
- **Hipótesis de Área (disponibilidad de hábitat)**
- **Hipótesis de Historia Evolutiva**

# Hipótesis de Historia Evolutiva

**Diversificación evolutiva (DE) es mayor en los trópicos**

**DE = especiación – extinción**

# Hipótesis de Historia Evolutiva

¿Por qué la especiación debería ser mayor en los trópicos?

(Rhode 1992, Allen et al. 2002)

- Mayor área
- Efecto cinético de temperaturas altas
  - Tasas de mutación altas
  - Generaciones más cortas
- Tolerancia a la heladas es difícil de desarrollar evolutivamente
- Más interacciones bióticas, así que hay más coevolución (Schemske 2009)

# Hipótesis de Historia Evolutiva

Diversificación evolutiva (DE) es mayor en los trópicos

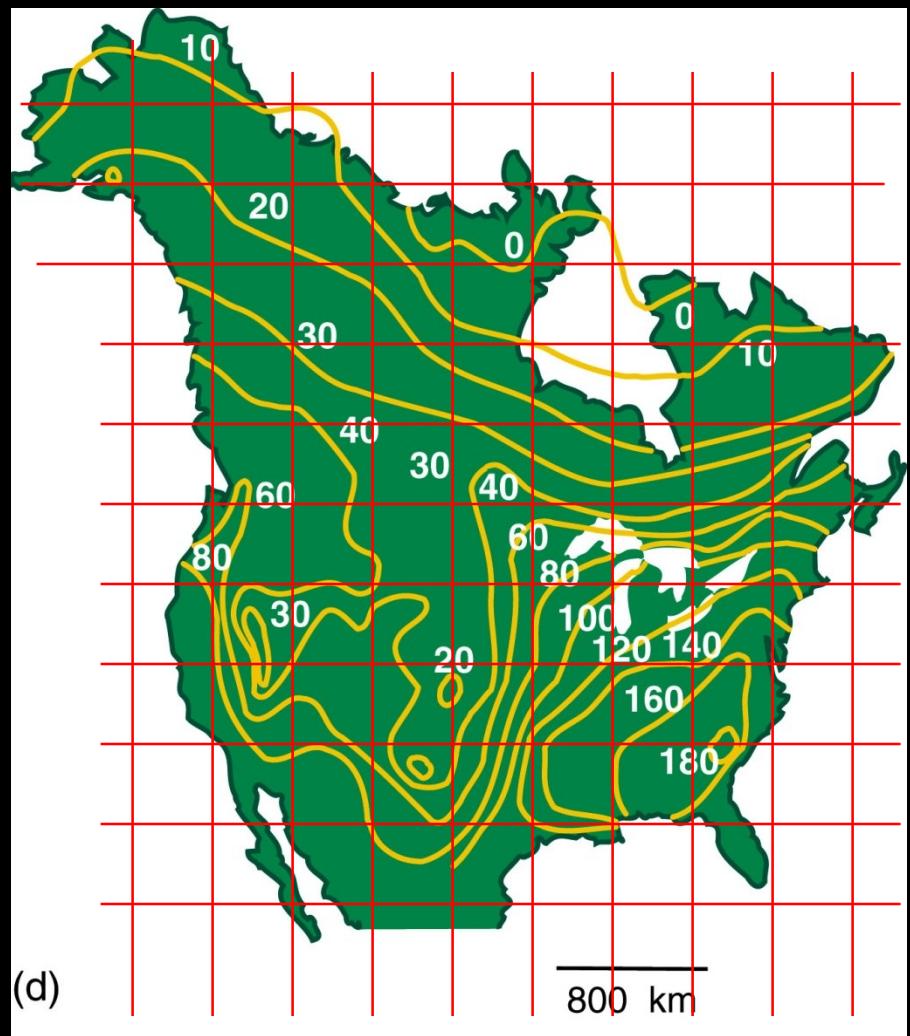
- Tasa de especiación mayor en los trópicos
  - Foraminifera (Buzas 2002)
  - Invertebrados marinos (Jablonski et al. 2006)
  - Bivalvos (Krug et al. 2009)
  - Invertebrados terrestres (Condamine et al. 2012)
- Pocos datos comparables de tasas de extinción

# Suficiente sobre las teorías...

¿Qué es lo  
que dicen los  
datos?

# Currie and Paquin (1987)

- **Riqueza de árboles en Norte América**
- **Cuadricularon al continente**
  - cada cuadro  $2.5^\circ$  de latitud por  $2.5^\circ$  de longitud

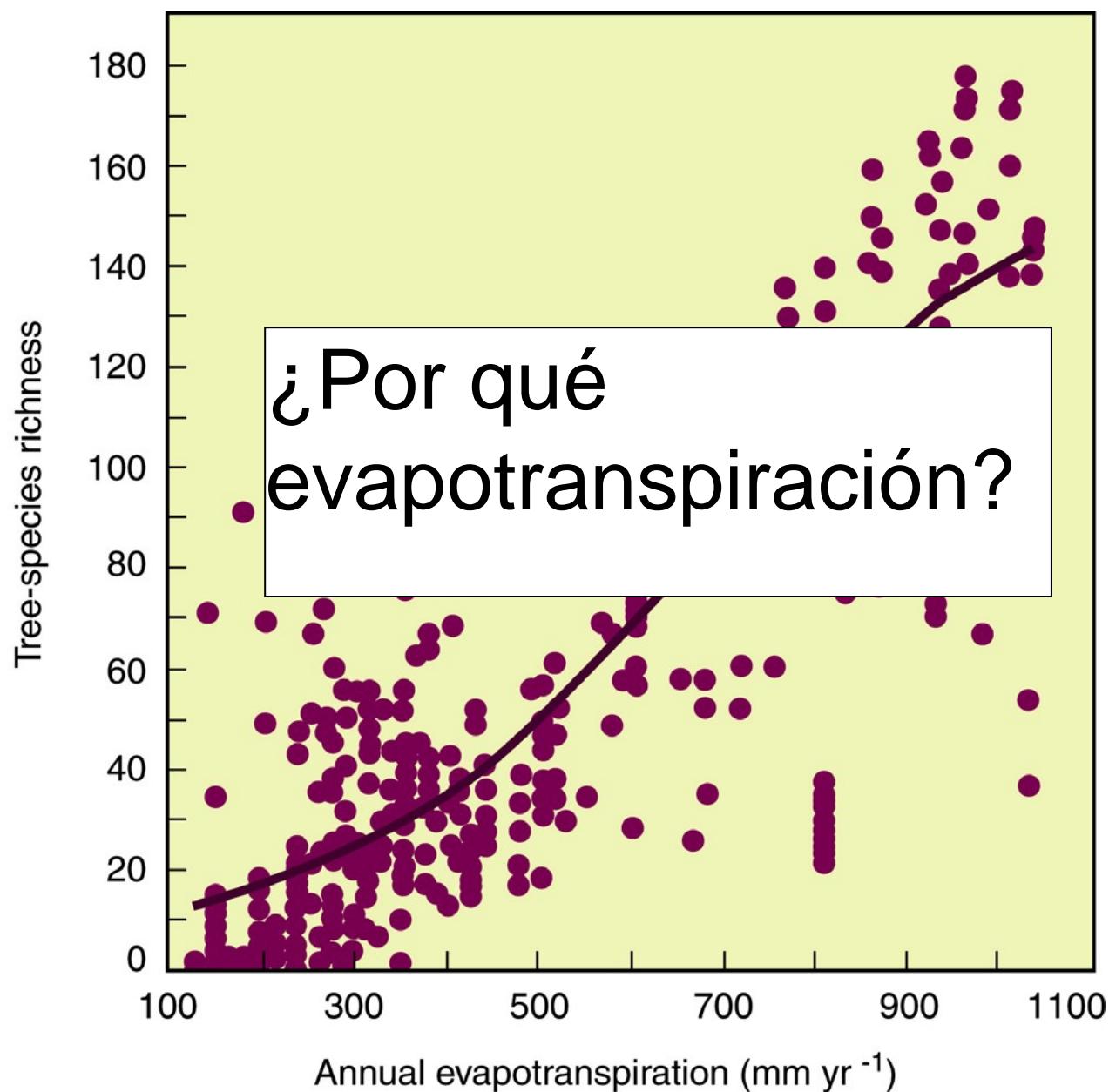


# Currie and Paquin (1987)

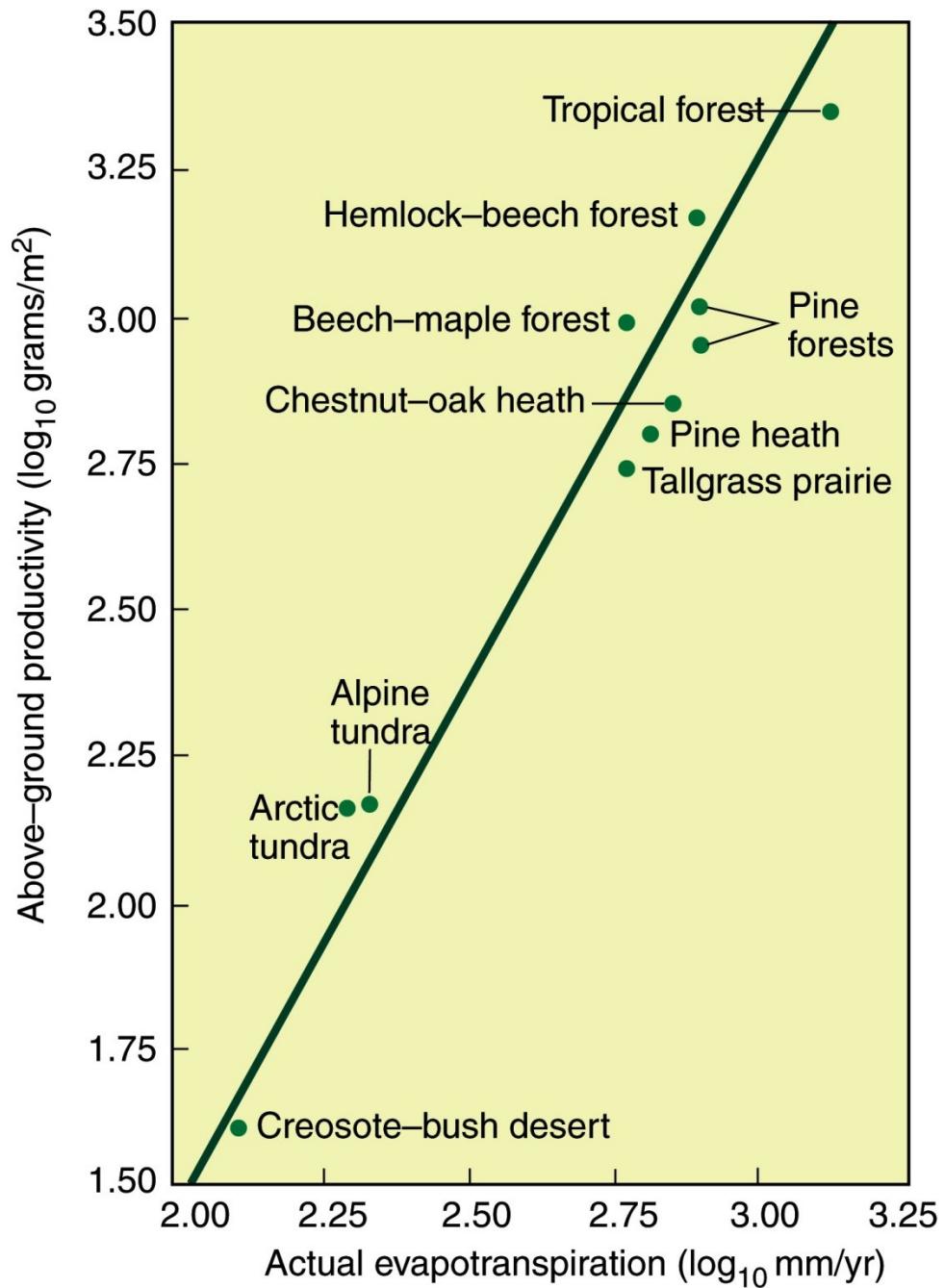
- Para cada cuadro midieron/calcularon
  - Número de especies
  - Variables climáticas
    - Precipitación; temperatura promedio, min, y max; largo de temporada de crecimiento; evapotranspiración... y latitud!
- Probaron la relación entre los factores climáticos y la riqueza de especies:
  - usando Regresiones Múltiples

# Árboles

Mejor predictor:  
evapotranspiración  
anual



## Productividad primaria neta sobre el suelo ( $\log_{10}$ )



# **Currie and Paquin (1987)**

**Conclusión:**

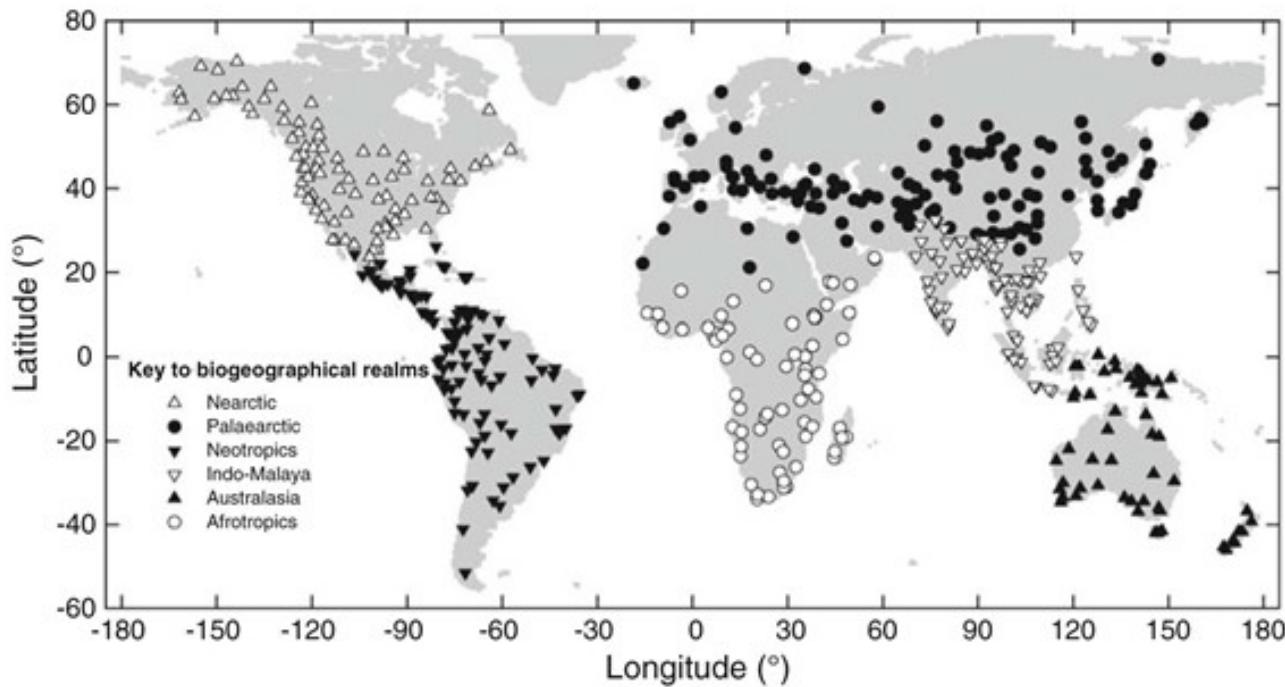
**Riqueza de especies de árboles  
aumenta con la productividad  
primaria neta**

**(en escalas continentales)**

**Latitud no es buen predictor!**

# Qian (2010)

- Análisis GLOBAL de la riqueza terrestre y factores físicos (en su mayoría climáticos)
- Uso 516 “ecoregiones” alrededor del mundo
- Estudio cuatro grupos de vertebrados
  - *Mamíferos*
  - *Aves*
  - *Reptiles*
  - *Anfibios*



**Fig. 1** Location of the midpoint latitude and longitude of each of the 516 ecoregions used in this study. Ecoregions are differentiated according to biogeographical realm

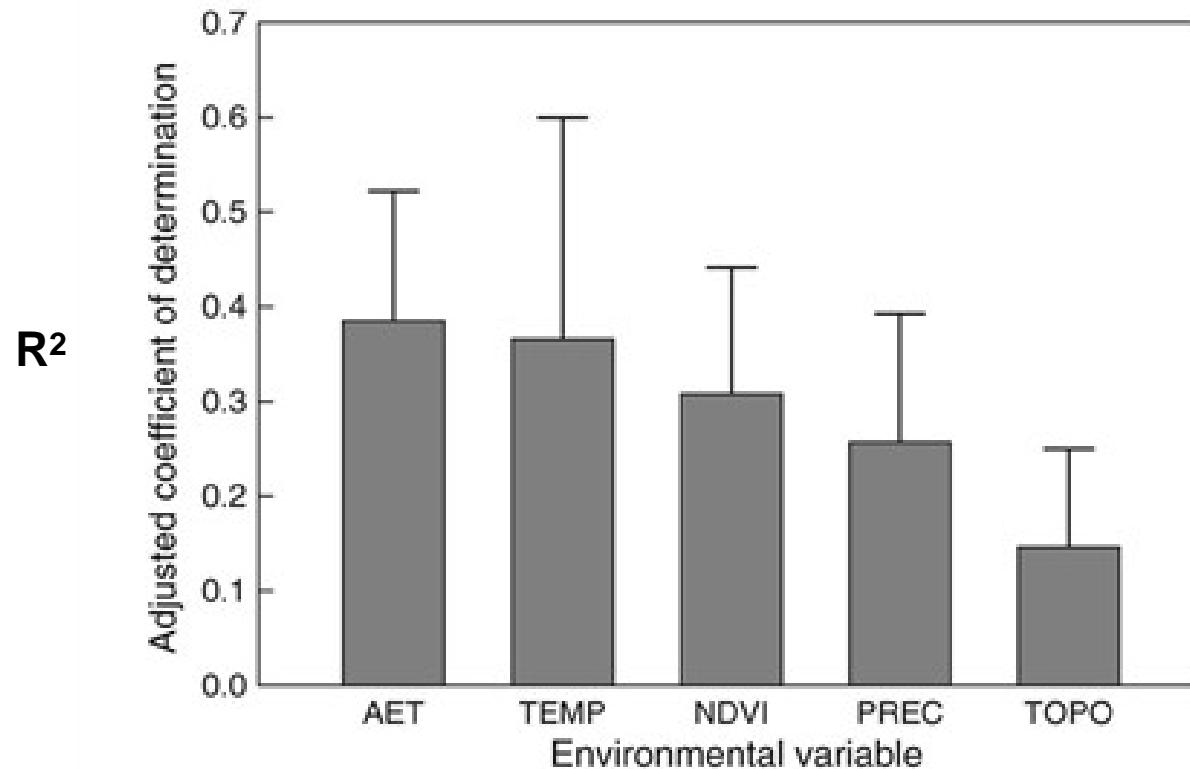
**Ecoregiones en diferentes “zonas biogeográficas”**  
*Neártica, Paleárctica, Neotrópicos, Indo-Malaya,*  
*Australasia, Afrotrópicos*

# Qian (2010)

## Uso regresiones para probar la relación entre las características de las ecoregiones y la riqueza de especies

- **ÁREA** (área de la ecoregión)
- **TEMP** (temperatura promedio anual)
- **PREC** (precipitación anual)
- **AET** (evapotranspiración anual)
- **NDVI** (índice de producción primaria: percepción remota)
- **TOPO** (rango de elevación)

# Qian: resultados de regresiones simples



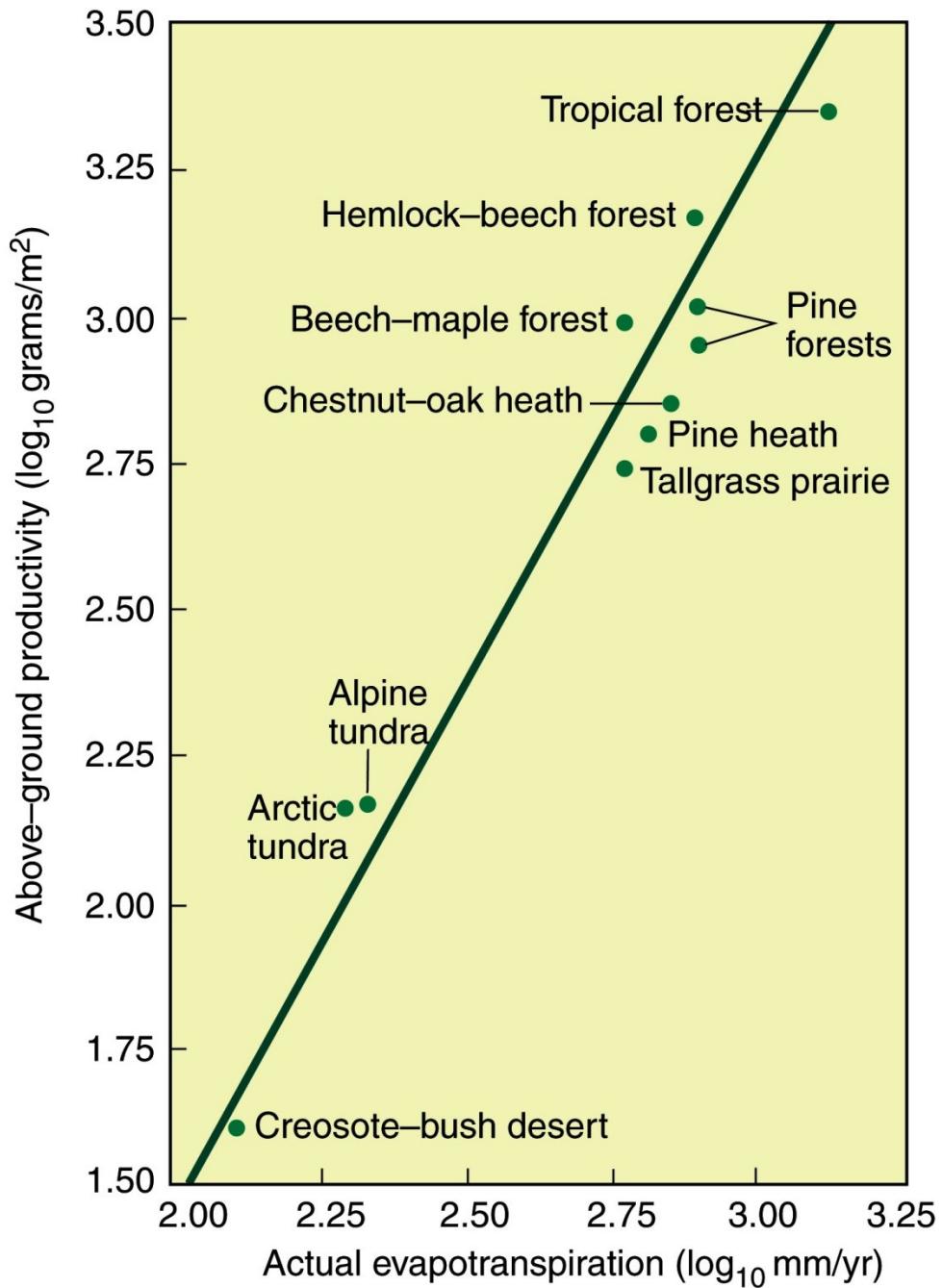
Evapotranspiración anual y temperatura promedio anual explican la mayor parte de la variación (35-40%) en la riqueza de especies entre las ecoregiones.

# Qian: Globalmente

- Evapotranspiración anual es el mejor predictor
- AET fue mejor predictor para:
  - Mamíferos 27%
  - Aves 42%
  - Anfibios 52%
- Temperatura promedio anual (TEMP):
  - Reptiles 62%

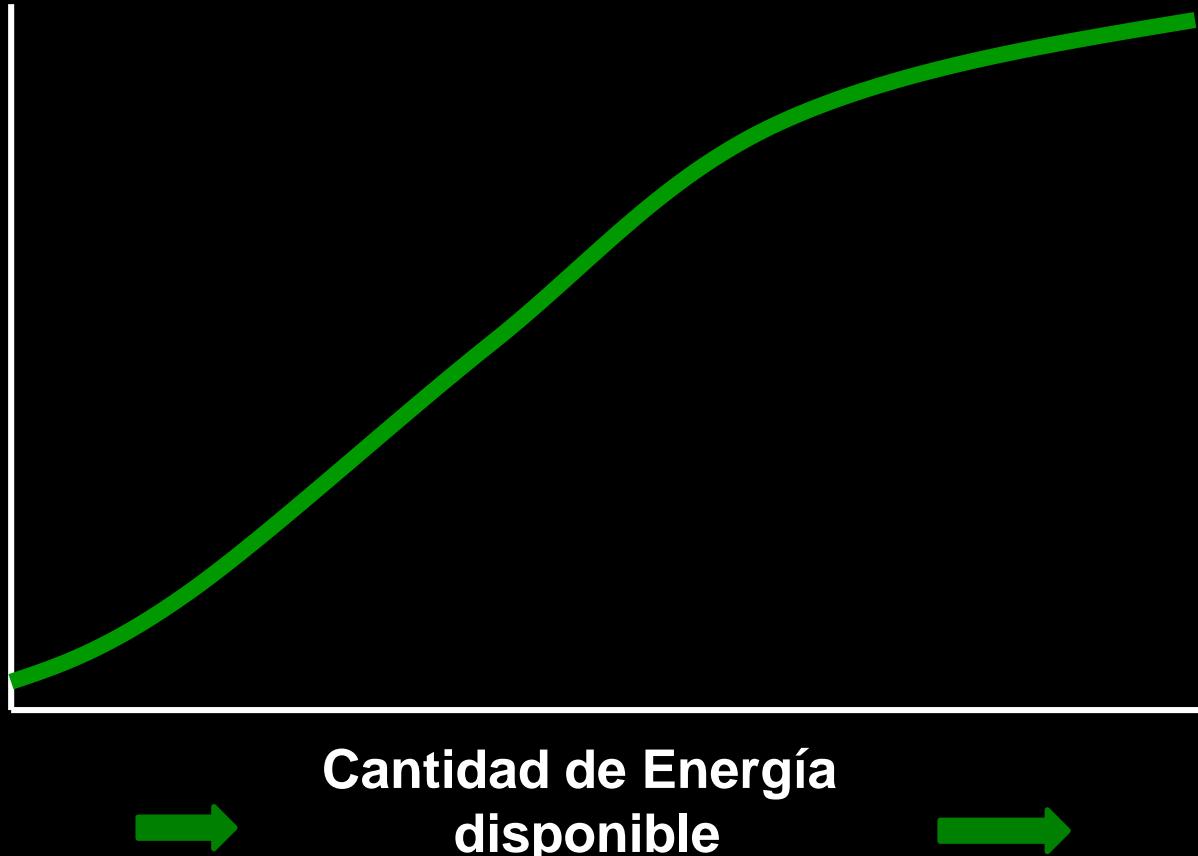
Entonces,  
¿cómo es que  
AET afecta a  
la riqueza?

## Productividad primaria neta sobre el suelo ( $\log_{10}$ )



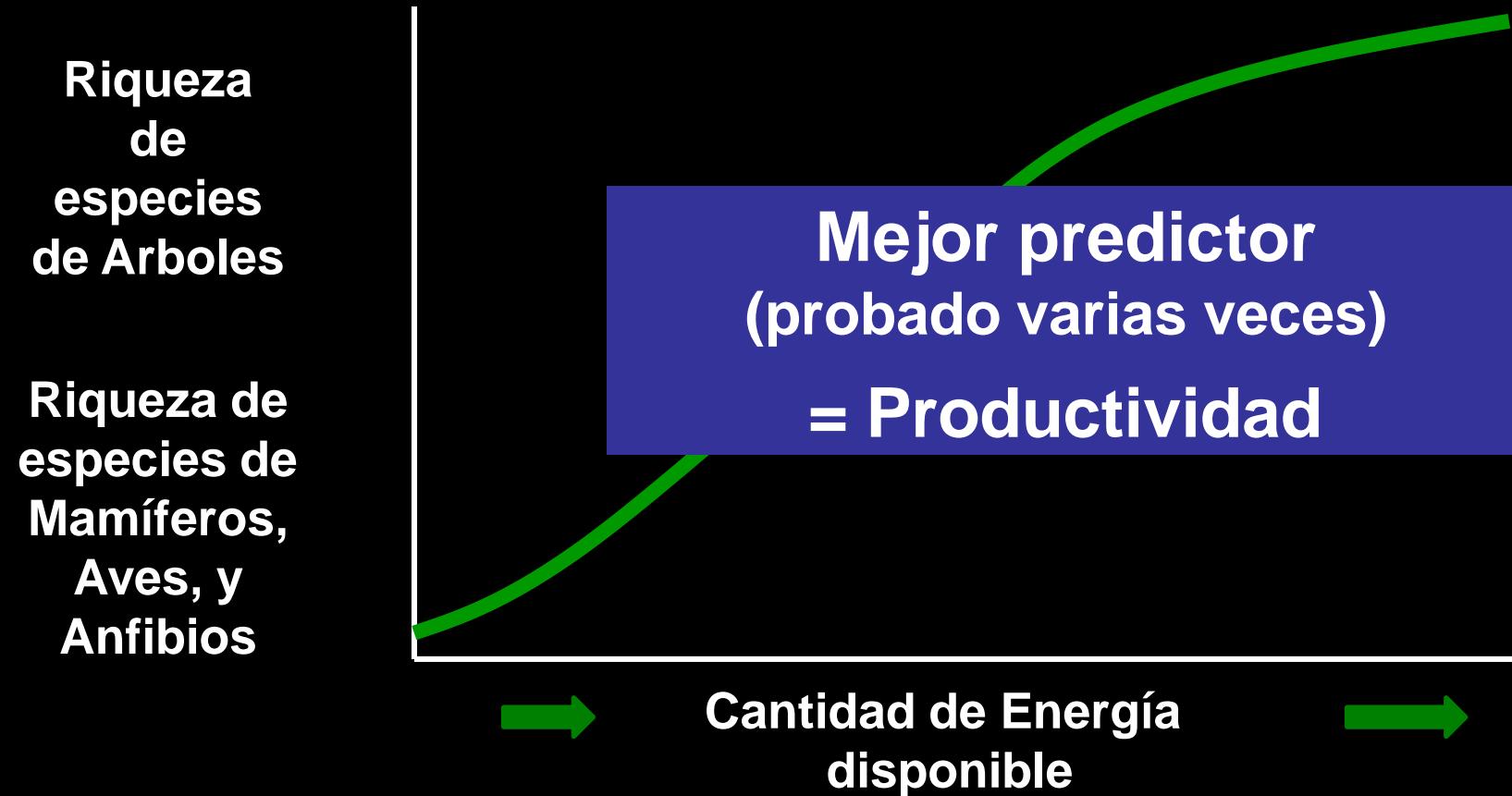
# Qian: Concluyó

Riqueza de especies de vertebrados terrestres por ecoregión



Currie & Paquin: Árboles (Norte América)

Qian: Vertebrados (terrestres, global)



# ¿Por qué hay más especies en los trópicos?

(árboles, mamíferos, aves, anfibios)

- Hipótesis de Energía
  - ★ – Hipótesis de productividad (más individuos)
  - ★ – Hipótesis de Energía Cinética ← (reptiles)
- Hipótesis de Estabilidad Climática
- Hipótesis de Área (disponibilidad de hábitat)
- Hipótesis de Historia Evolutiva

# Patrones de riqueza de especies en sistemas de agua dulce a nivel global

# Tisseur et al. (2013)

- Riqueza de especies en taxones de agua dulce:
  - Mamíferos acuáticos
  - Aves acuáticas
  - Peces
  - Langostinos
  - Anfibios acuáticos
- Diseño de muestreo
  - Unidades de muestreo: 819 cuencas hidrológicas
  - Juntas cubren 80% de la tierra

# Variables: Tipos de energía

(Tisseuil et al. 2013)

- Energía ambiental
  - “Condiciones” energéticas que determinan los límites fisiológicos
    - temperatura, radiación solar ( = energía cinética)
    - Afecta las tasa metabólicas de las especies, límites fisiológicos, tasa de crecimiento
- Energía productiva
  - Energía que determina la cantidad de “recursos”
    - precipitación, evapotranspiración
  - Relacionada con productividad neta

# Todas las Variables

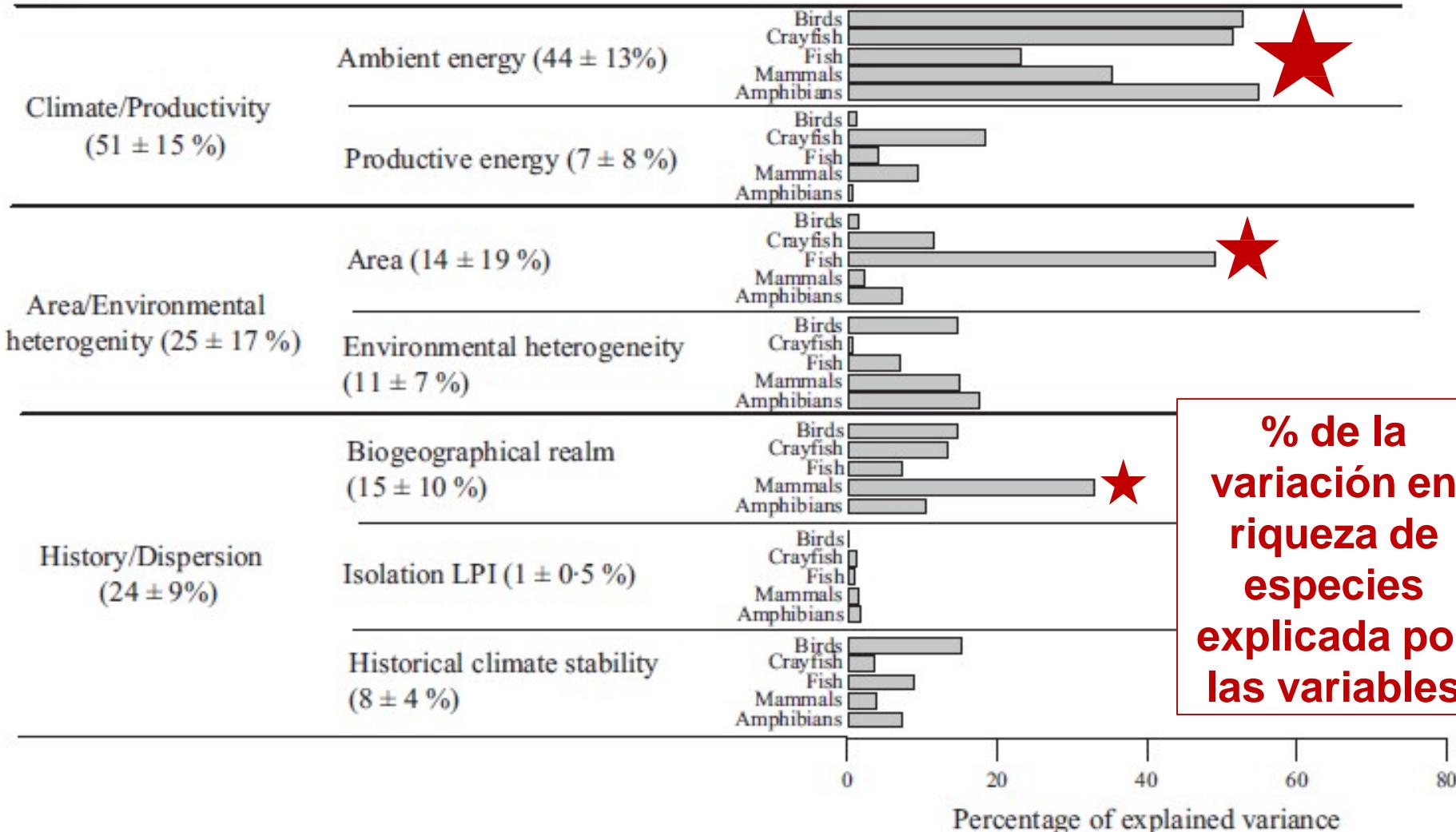
(Tisseuil et al. 2013)

- Variables Climáticas/Energéticas
  - Energía productiva (precipitación, evapotranspiración)
  - Energía ambiental (temperatura, radiación solar)
- Área y heterogeneidad ambiental
  - Área de la cuenca hidrológica
  - Heterogeneidad ambiental
- Historia/Dispersión
  - Zona biogeográfica (¿evolución?)
  - Aislamiento
  - Historia de estabilidad climática

# Varianza explicada por variables

(por medio de partición jerárquica)

(a)



# Tisseur et al. (2013)

## Conclusiones

- Para la mayoría de los grupos de agua dulce estudiados:
  - La hipótesis climática/energética explica la mayor varianza de la riqueza de especies de agua dulce
  - Energía ambiental es mejor predictor que energía productiva
- Peces son una excepción; área de cuenca hidrológica es mejor predictor que el clima-energía

# Riqueza de especies en sistemas de agua dulce

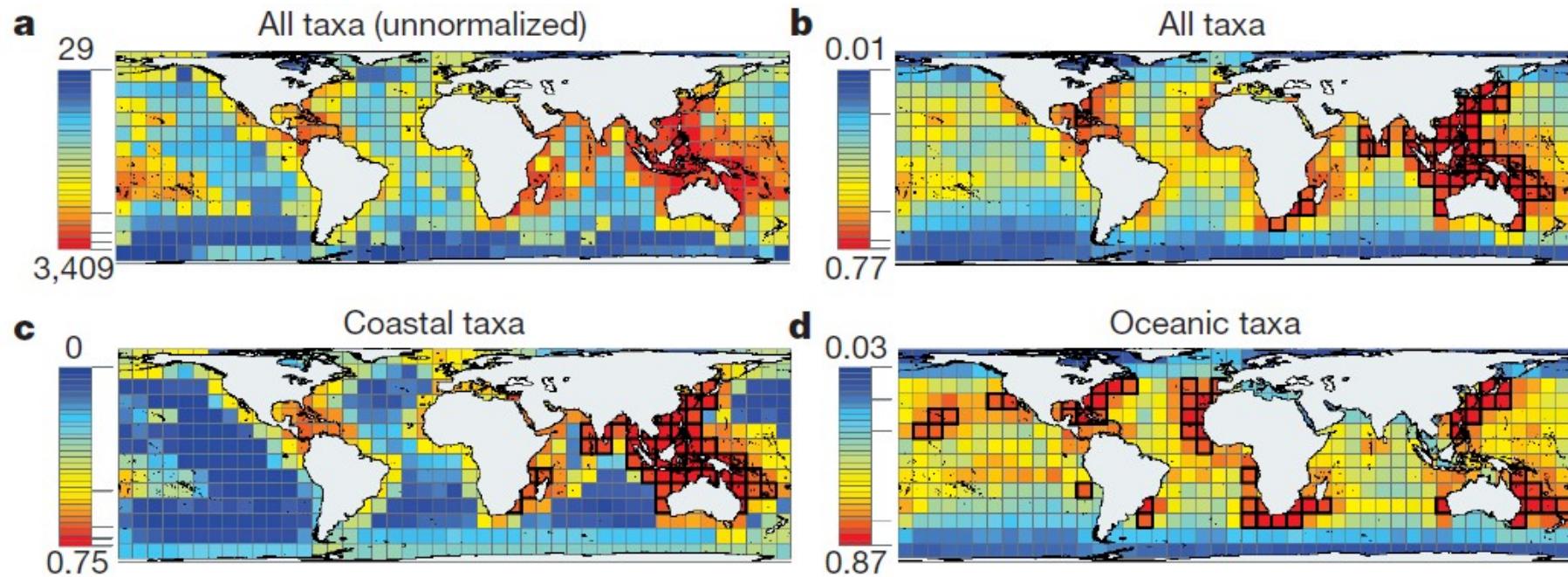
- Hipótesis de Energía
  - Hipótesis de productividad (más individuos)
  - Hipótesis de Energía Cinética
- Hipótesis de Estabilidad Climática
- ★• Hipótesis de Área (disponibilidad de hábitat)
- ★• Hipótesis de Historia Evolutiva

A wide-angle photograph of a coastal area. In the foreground, the dark blue ocean with small white-capped waves. A narrow, rocky peninsula extends from the left side of the frame towards the center. On the peninsula, there is a small cluster of buildings, a road, and some green vegetation. In the distance, across the water, a larger landmass with more buildings and greenery is visible. A prominent white lighthouse with a red roof stands on a rocky outcrop on the right side of the peninsula. The sky is a clear, pale blue with a few wispy white clouds.

# Patrones de riqueza de especies en sistemas marinos a nivel global

Tittensor et al. (2010)

# Tittensor et al. (2010)



# Tittensor et al. (2010)

Examinaron la relación de seis variables con riqueza de especies:

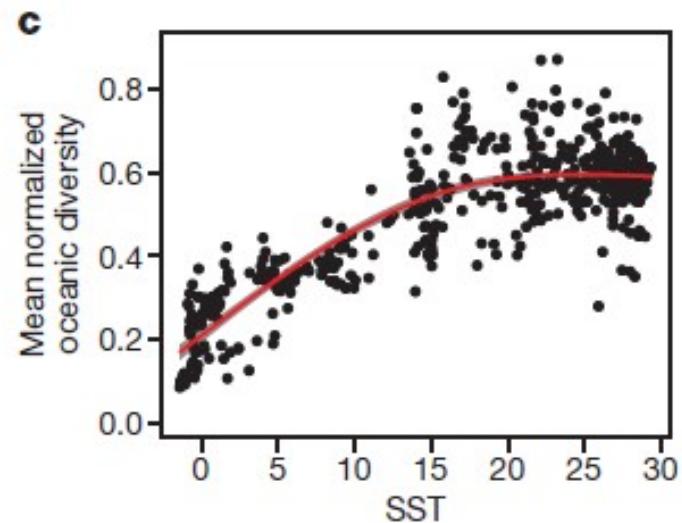
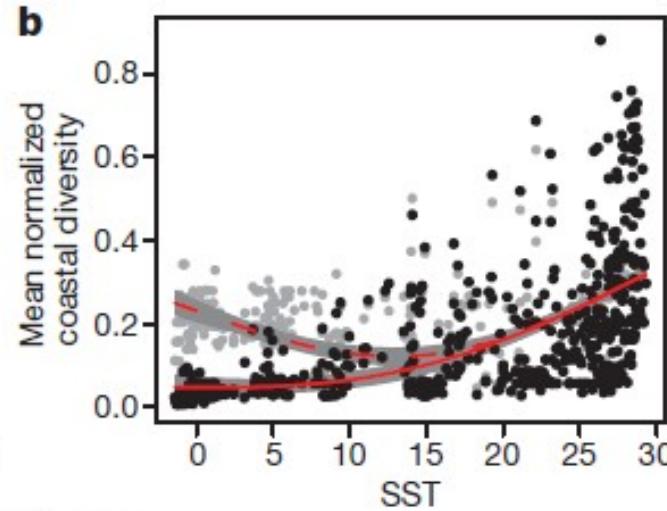
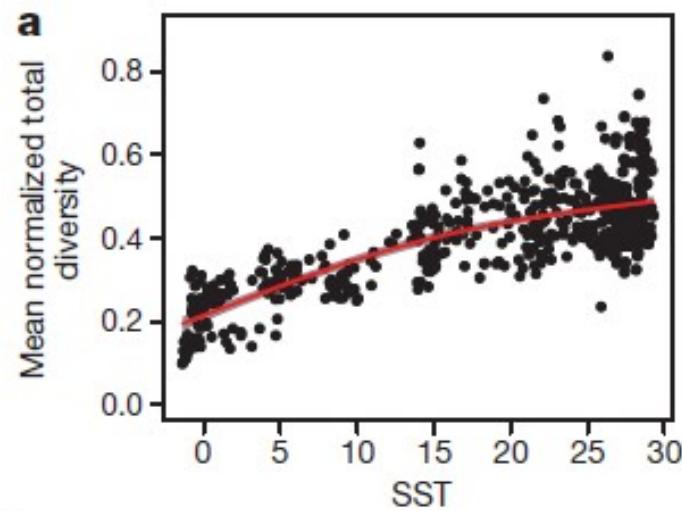
- 1) Energía ambiental (temperatura superficial del mar)
- 2) Energía productiva (productividad neta)
- 3) Estrés (reducción de oxígeno)
- 4) Estabilidad climática (varianza en temperatura del mar)
- 5) Características de hábitat (longitud de costa; longitud de frente)
- 6) Historia evolutiva (océanos diferentes)

# Tittensor et al. (2010)

**Table 1 | Spatial modelling of species richness**

Species group	Species richness	Per cent of known	SST	SST slope	Coastline length	Primary productivity
<b>Primarily coastal species</b>						
Coastal fishes	9,713	79	10.7***		7.9***	
Non-oceanic sharks	480	100	7.1***	2.4*	13.0***	3.6**
Non-squid cephalopods	122	25	7.1***		6.5***	
Pinnipeds	36	100	-10.0***	4.3**	4.5***	5.5***
Corals	794	95	7.7***		3.1**	
Seagrasses	60	100	4.4***		4.3**	
Mangroves	32	60	9.3***		2.0*	
<b>Primarily oceanic species</b>						
Tunas and billfishes	12	63	7.0***	3.1**		
Oceanic sharks	27	100	11.8***		5.8***	
Squids	85	25	4.0**	2.7**		
Cetaceans	81	96	6.6***			12.1***
Euphausiids	86	100	6.6***	3.9**		3.4**
Foraminifera	39	88	16.6***	3.3**	-2.8**	

# Tittensor et al. (2010)



# Tittensor et al. (2010)

## Conclusiones

- Temperatura superficial del mar el único predictor fuerte con la diversidad de 13 grupos de taxones
- Disponibilidad de Hábitat (longitud de la costa) e historia evolutiva son factores importantes para especies costeras
- La temperatura o energía cinética tiene un rol fundamental estructurando la biodiversidad marina

# Riqueza de especies en sistemas marinos

- Hipótesis de Energía
  - Hipótesis de productividad (más individuos)
  - Hipótesis de Energía Cinética
- Hipótesis de Estabilidad Climática
- ★• Hipótesis de Área (disponibilidad de hábitat)
- ★• Hipótesis de Historia Evolutiva

# Resumen de resultados de estudios a NIVEL GLOBAL



- Hipótesis de Energía
  - Hipótesis de productividad (más individuos)
  - Hipótesis de Energía Cinética
- Hipótesis de Estabilidad Climática
- ★• Hipótesis de Área (disponibilidad de hábitat)
- ★• Hipótesis de Historia Evolutiva

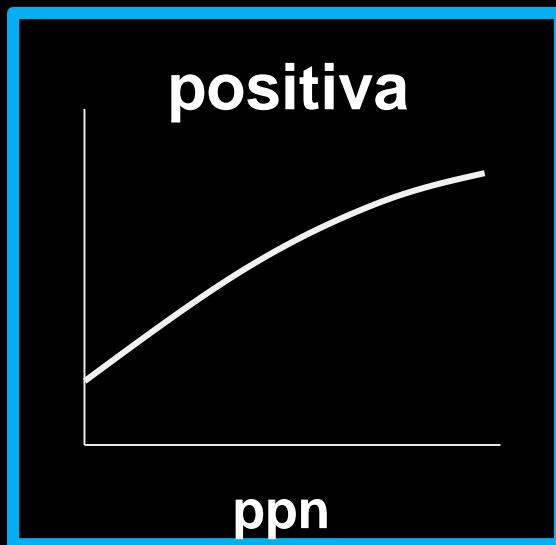
¿Qué nos dicen  
los datos a  
escalas locales  
y regionales?

# Riqueza y Productividad a escalas locales y regionales

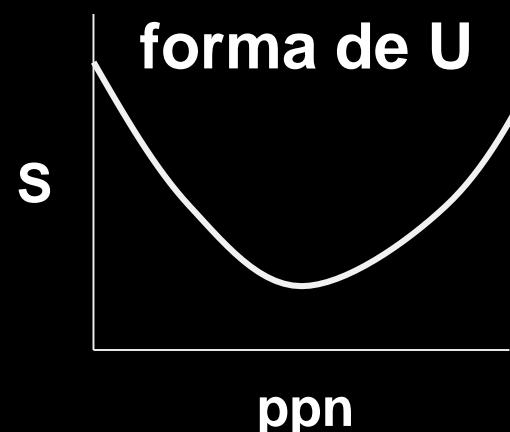
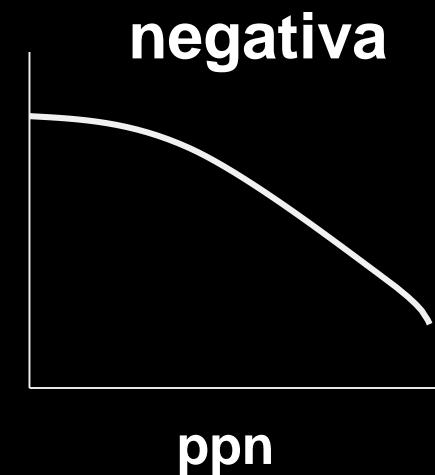
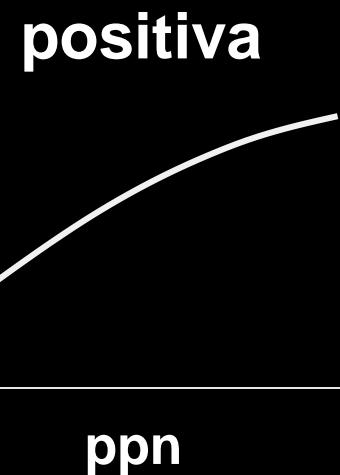
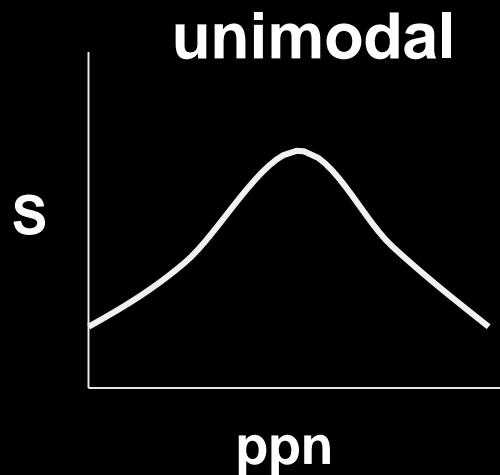
- Estudios correlativos
- Estudios experimentales

# Las posibilidades...

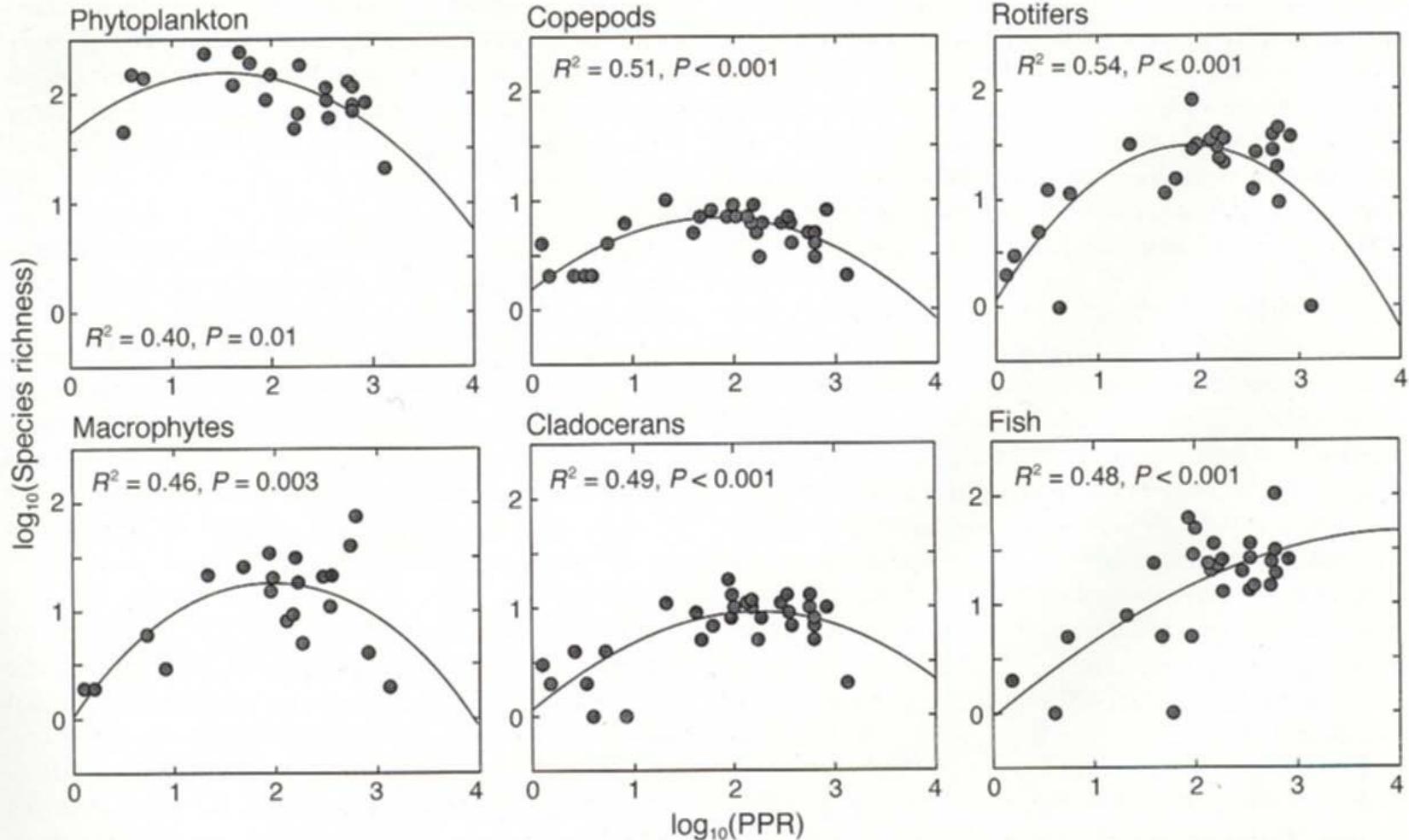
Escala Global



# Las posibilidades...



# Relación Riqueza-Productividad a Escalas Regionales

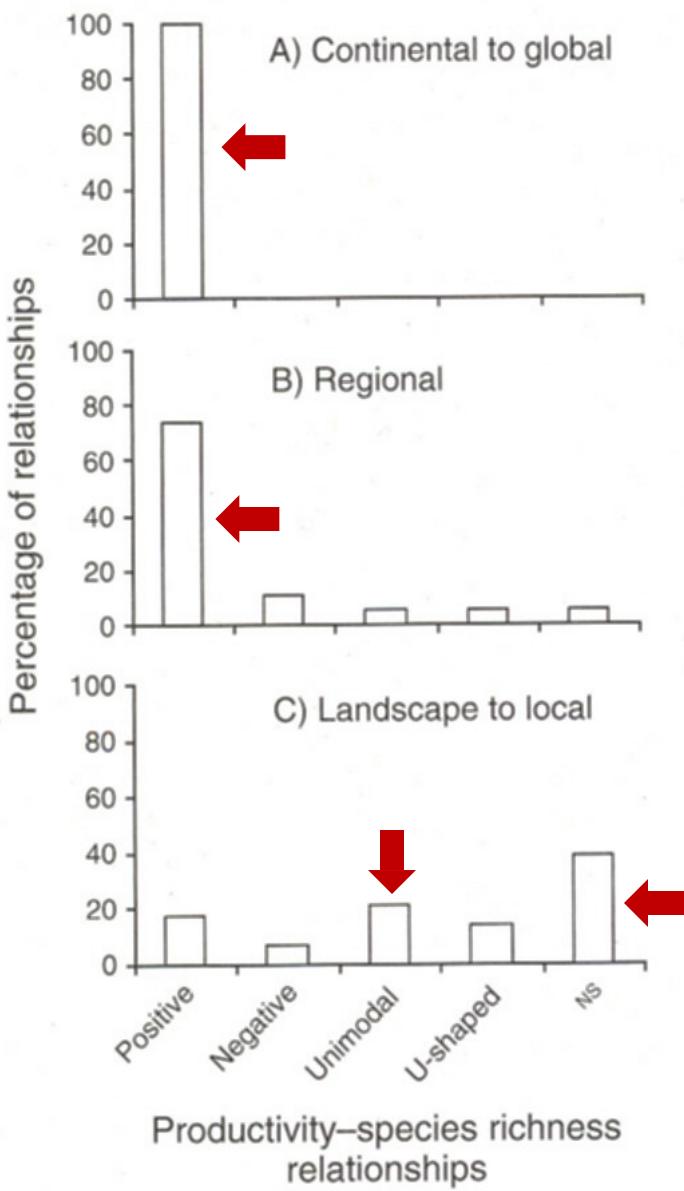


Datos de Lagos de Norte América

Dodson et al. 2000

# La Relación Riqueza-Productividad

- **Gillman y Wright (2006)**
  - Estudiaron riqueza de especies en plantas
  - $n = 60$  estudios (meta-análisis)



Gillman and Wright (2006)

- En grandes escalas la riqueza de especies de plantas y productividad tienen una relación:

¡POSITIVA!

- En escalas locales, la relación es variada

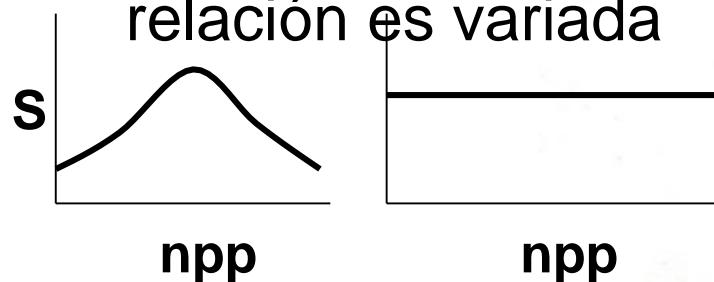


FIG. 3. Productivity-species richness relationships at (A) continental to global extents ( $n = 13$ ), (B) regional extent ( $n = 19$ ), and (C) landscape to local extents ( $n = 28$ ). Productivity-species richness and biomass-species richness relationships were combined for (D) regional extent ( $n = 23$ ) and (E) landscape to local extents ( $n = 42$ ). There were no biomass-species richness studies at the continental to global extents. ns indicates nonsignificant relationships.

# La Relación Riqueza-Productividad a escalas locales

- Hasta el momento: ¿Qué clase de estudios hemos visto?

Correlativos!

- ¿Estudios experimentales donde hayan alterado la productividad?

Experimentos de enriquecimiento  
(uso de fertilizantes)



**Experimento Broadbalk, Rothamsted  
Research, Hertfordshire, UK**

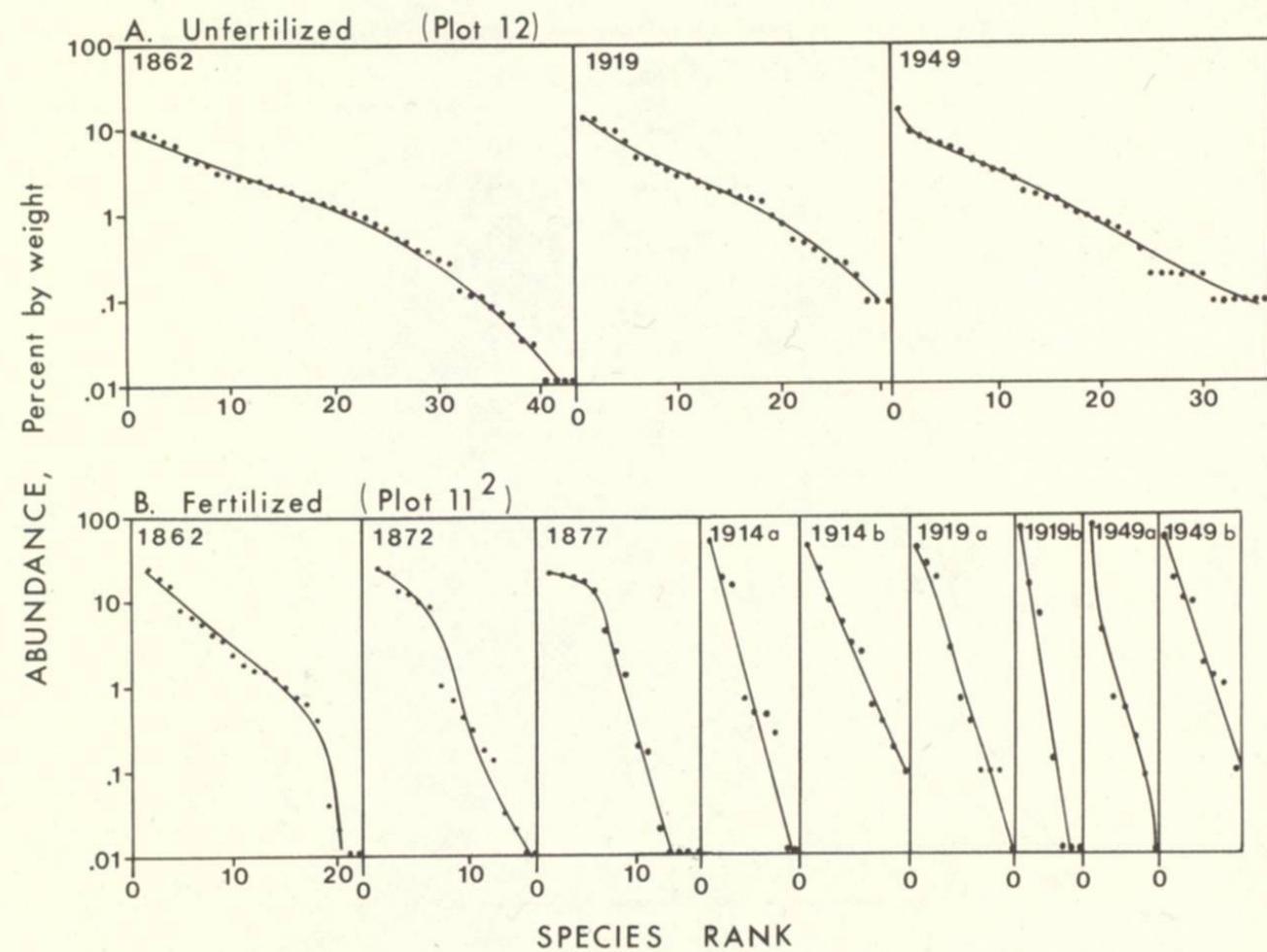
**Experimento ecológico más largo (desde 1843)**

Experimento con fertilizantes de pastizales empezó en 1856

Unos campos con fertilizantes (N), y otros sin fertilizante como controles

Tilman (1982)

Reanalizó los experimentos de fertilizantes, Rothamstead, UK



Gráficas de Ranking de Abundancias

Tilman (1982)  
Reanalizó los  
experimentos  
con  
fertilizantes,  
Rothamstead,  
UK

Equitatividad,  
Diversidad

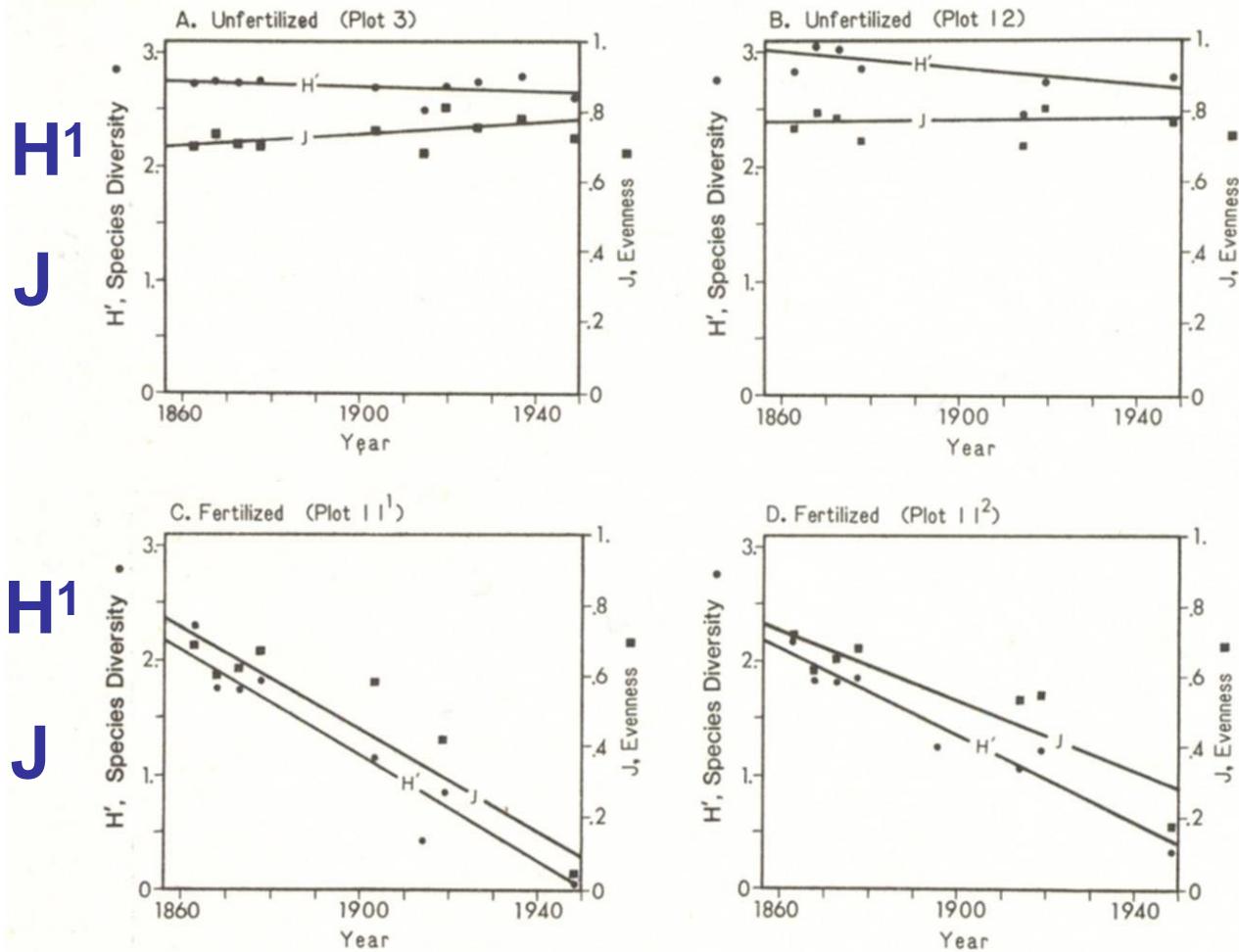
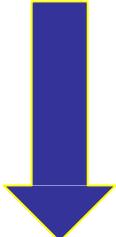


FIGURE 43. A and B. Diversity ( $H'$ ) and evenness or equitability ( $J$ ) in two unfertilized Rothamsted plots. Note the lack of major changes throughout ca. 100 years.

C and D. Diversity and evenness in plots receiving complete mineral fertilizer. There was a significant decrease in both diversity and evenness in these plots. Plot 11<sup>1</sup> received ammonium sulfate, superphosphate, potassium sulfate, sodium sulfate, and magnesium sulfate. Plot 11<sup>2</sup> received these and also sodium silicate.

## Efectos de fertilizantes en la riqueza de especies de plantas a

### ESCALA LOCAL

Cambio en riqueza de especies después de fertilizar

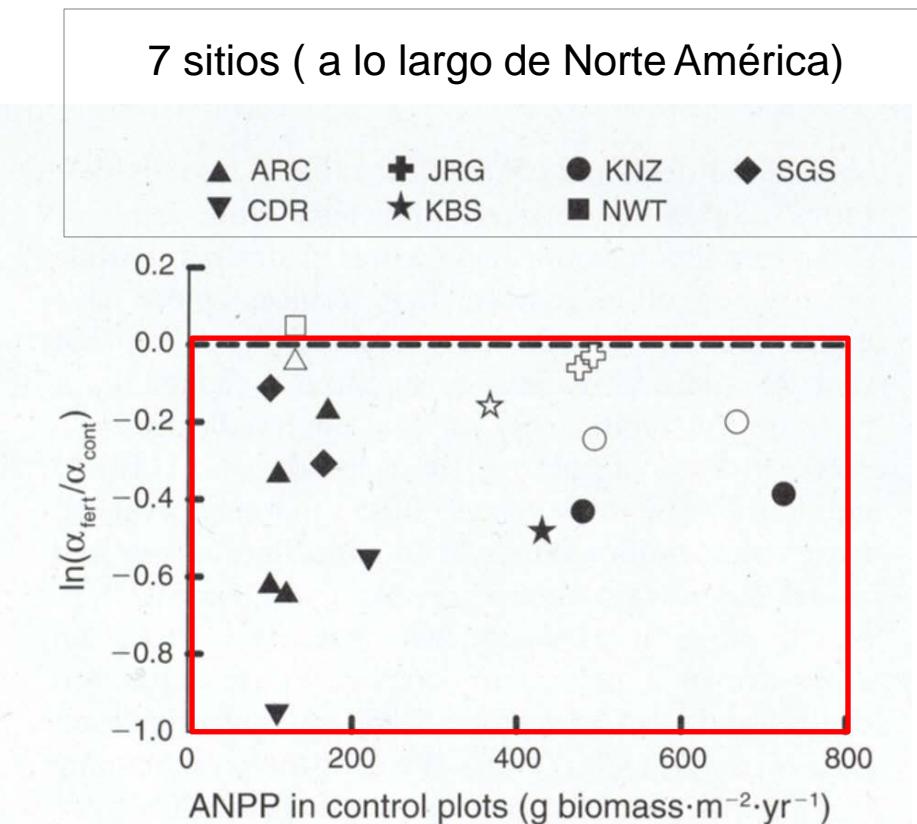


FIG. 1. The effect of N enrichment (fert = fertilized; cont = control) on  $\alpha$  diversity in locations differing in their annual aboveground net primary productivity (ANPP). Positive log ratios indicate that diversity is enhanced by N enrichment while negative log ratios indicate that diversity is reduced by N enrichment. Solid symbols indicate that the effect of N enrichment on diversity is significantly different than 0 ( $P < 0.05$ ) while open symbols indicate that the observed effect is not different than 0. The natural productivity of a site where an experiment was conducted did not alter the effect of N enrichment on  $\alpha$  diversity ( $n = 18$  experiments,  $P = 0.42$ ,  $R^2 = 0.04$ ). See Table 1 for full names of stations.

# La Relación Riqueza-Productividad a escalas locales

Resultados Generales de los  
experimentos con fertilizantes:

- 1) Fertilizantes aumentan PPN
- 2) Fertilizantes reducen
  - Riqueza de especies
  - Equitatividad ( $J$ )
  - Diversidad de especies ( $H^1$ )

Por qué?

# ¿Cómo explicar que el uso de fertilizantes reduce la riqueza de especies?

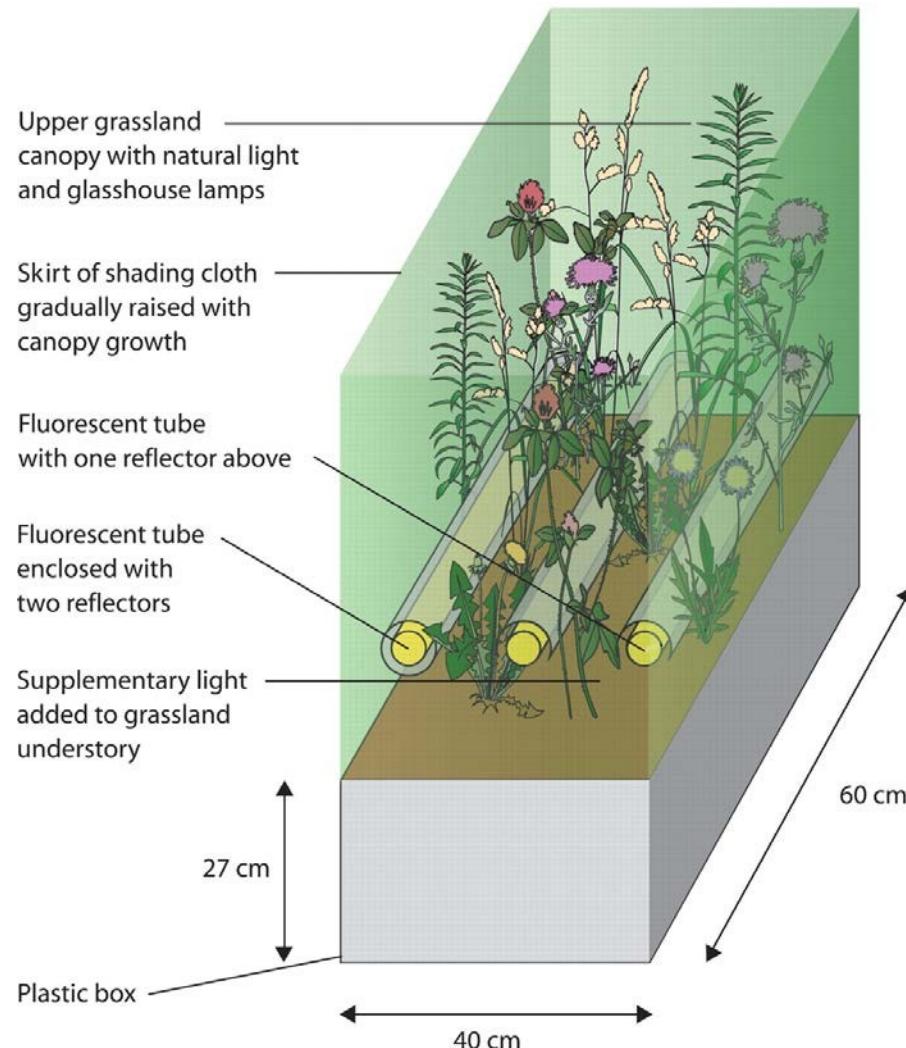
Experimentos sugieren que la reducción es debida a COMPETICIÓN

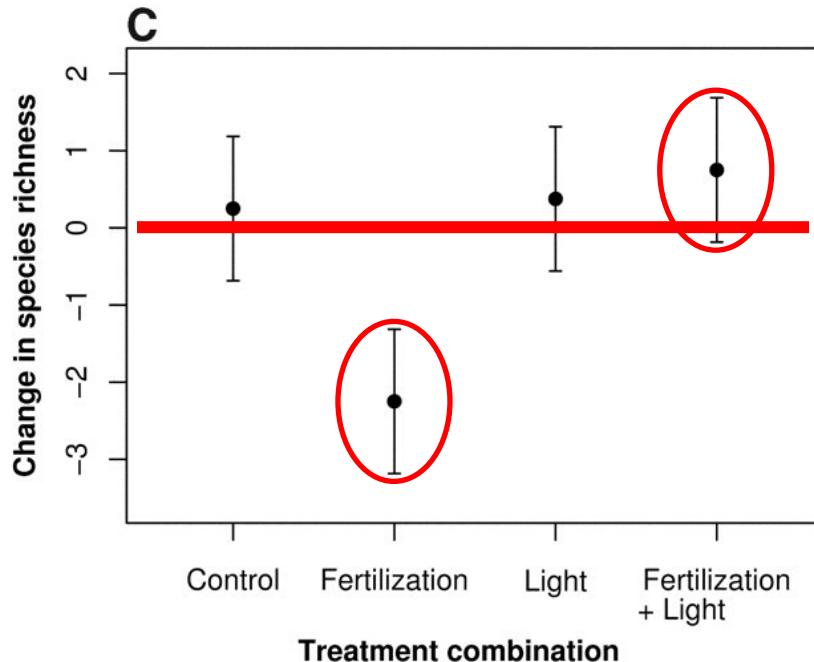
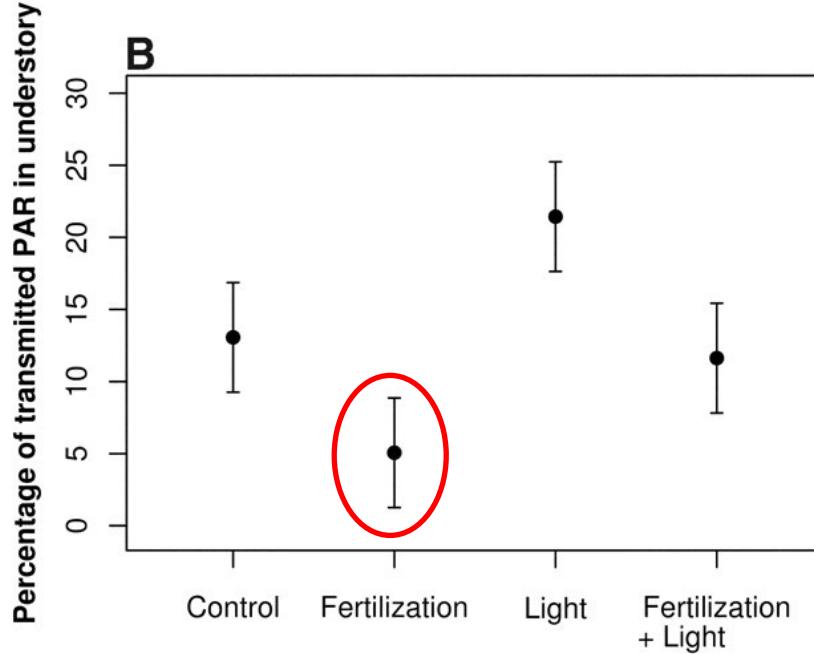
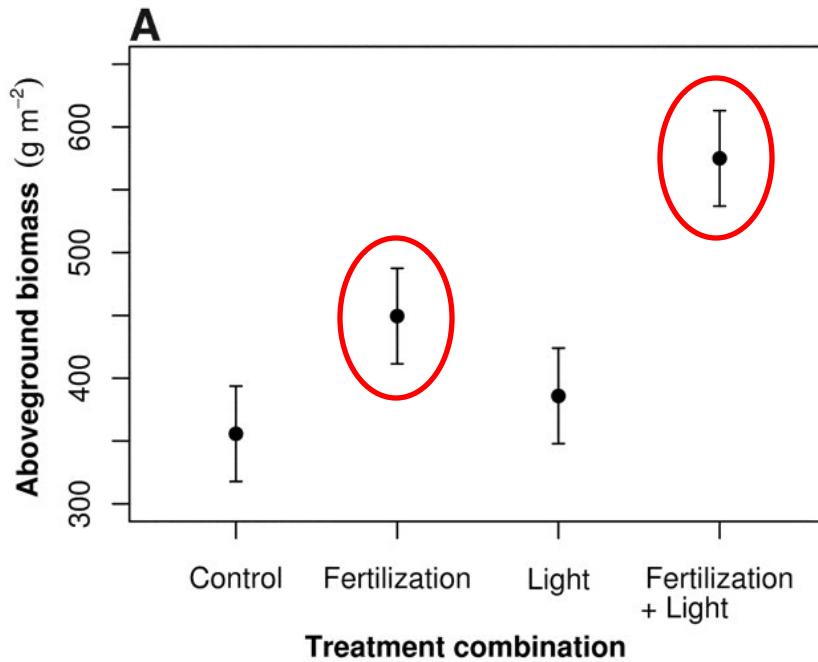
Mecanismo:

- Nutrientes aumentan la biomasa
- Biomasa reduce la disponibilidad de luz
- Las especies que necesitan mucha luz son excluidas

# Hautier et al. (2009)

- Comunidades de Pastizales
- Experimento en Invernadero
- Cambios en :
  - Fertilizante (2 niveles)
  - Luz - RPA (+ or -)
- Duración: 4 años





## Resultados

- *Fert y fert/luz: más PPN*
- *Fert redujo la luz debajo del dosel*
- *Fert redujo riqueza de spp*
- *Fert/luz mantuvo riqueza de spp*

**Hautier et al. (2009) concluyeron:**

La reducción en riqueza de especies después del uso de fertilizantes es debido a la competencia interespecífica

# Ecología de Comunidades

## I. Características de la comunidades

## II. Factores que afectan a las comunidades

Factores Históricos

Factores Regionales (Paisaje)

Biogeografía de islas, metapoblaciones, etc.

Factores Locales

Factores físicos, competición, depredación, etc.

## III. Dinámica de Comunidades (sucesión)

## IV. Diversidad de especies y función de los ecosistemas