



ENTENDIENDO LA β DIVERSIDAD Y SU RELACIÓN CON LOS PATRONES DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL EN ECOLOGÍA DE COMUNIDADES

Aplicación de los paquetes “betapart” y “BAT” para R.

> JULIA VEGA ÁLVAREZ



VNIVERSiDAD
DE SALAMANCA

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

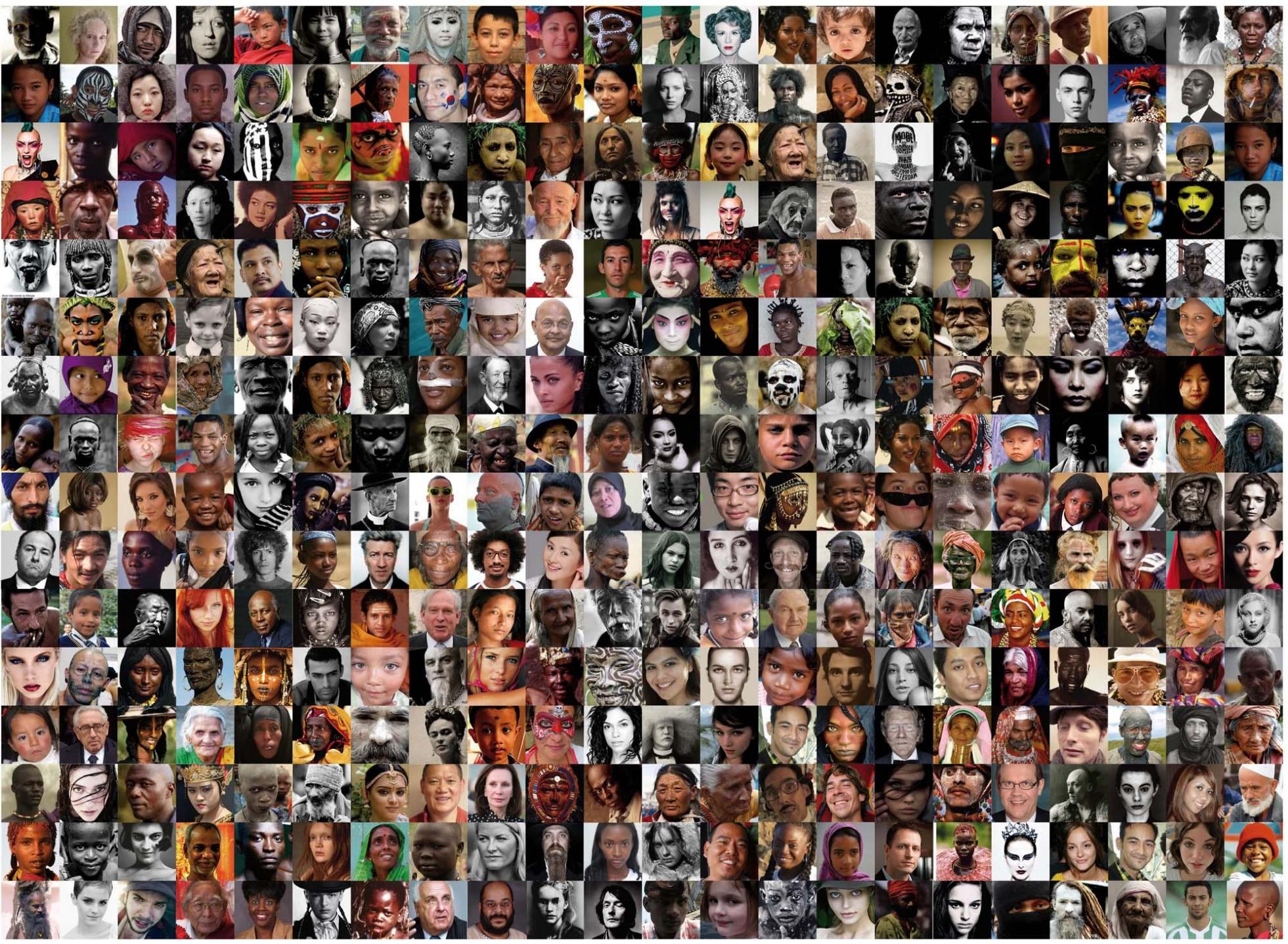
CONTENIDO

- ▶ **¿QUÉ ES LA DIVERSIDAD?**
 - ❖ RIQUEZA vs. EQUITABILIDAD
 - ❖ COMPONENTES DE LA DIVERSIDAD
- ▶ **LA BETA DIVERSIDAD COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN**
 - ❖ ¿CÓMO SE MIDE LA BETA DIVERSIDAD?
 - ❖ ¿QUÉ INFORMACIÓN OBTENEMOS DE LA BETA DIVERSIDAD?
- ▶ **CASO PRÁCTICO: DETECCIÓN DE PATRONES ESPACIALES EN PASTIZALES MEDITERRÁNEOS MEDIANTE EL ESTUDIO DE LA BETA DIVERSIDAD**
 - ❖ INTRODUCCIÓN
 - ❖ MATERIAL Y MÉTODOS
 - ❖ RESULTADOS
 - ❖ DISCUSIÓN

¿QUÉ ES LA DIVERSIDAD?







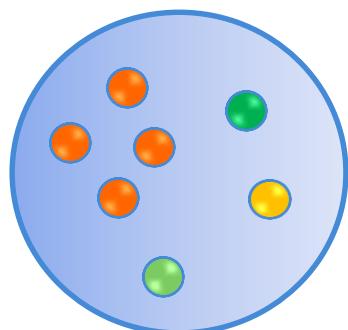
RIQUEZA vs. EQUITABILIDAD

► RIQUEZA

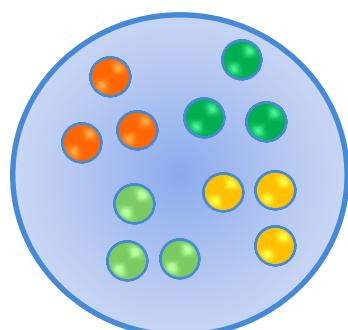
Número de especies

► EQUITABILIDAD

Abundancia relativa. Mide el grado de uniformidad en la distribución de la abundancia de las especies.



Comunidad A



Comunidad B

Riqueza

$$A = B$$

Equitabilidad

$$A < B$$

Diversidad

$$B > A$$

Contribución de la riqueza y la equitabilidad a la diversidad.
A igual riqueza, el sitio con mayor equitabilidad posee un mayor valor de diversidad.

COMPONENTES DE LA DIVERSIDAD

► ALFA DIVERSIDAD

- ▶ Diversidad local **a nivel de comunidad**

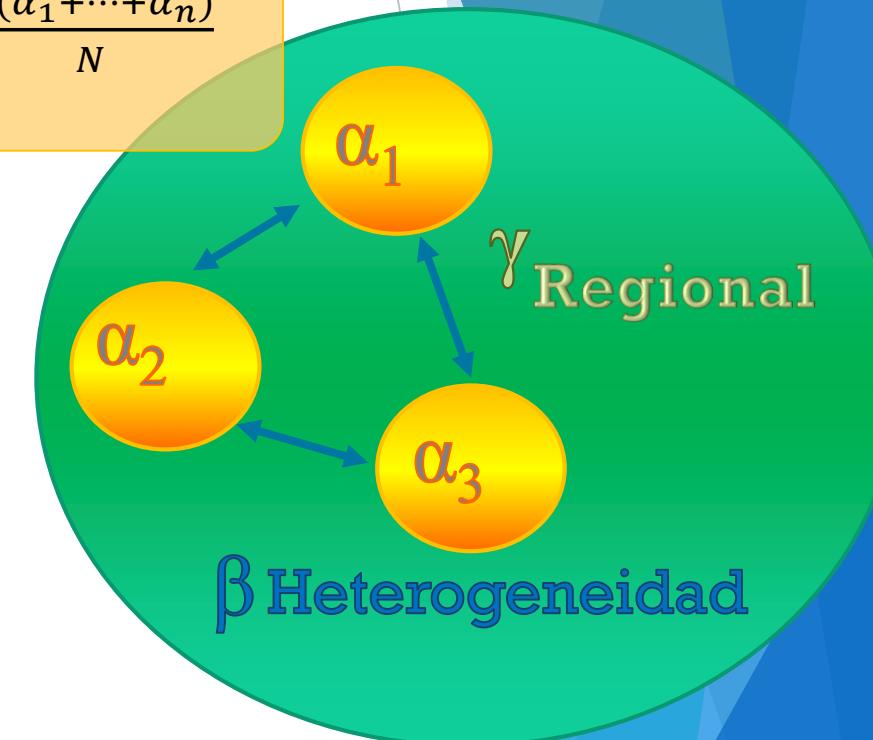
► BETA DIVERSIDAD

- ▶ Heterogeneidad o diferencia de diversidad local **entre comunidades**

► GAMMA DIVERSIDAD

- ▶ Diversidad regional **a nivel de paisaje**, considerando todas las comunidades en conjunto.

$$\bar{\alpha}_{\text{Local}} = \frac{\sum(\alpha_1 + \dots + \alpha_n)}{N}$$



ESCALA PAISAJE

$$\bar{\alpha}_{\text{Local}} = \frac{\sum(\alpha_1 + \dots + \alpha_n)}{N}$$

α_1 ESCALA LOCAL



γ Regional

α_2 ESCALA LOCAL



α_3 ESCALA LOCAL



β Heterogeneidad
($\beta = \gamma/\alpha$)

LA β DIVERSIDAD COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN

¿CÓMO SE MIDE LA β DIVERSIDAD?

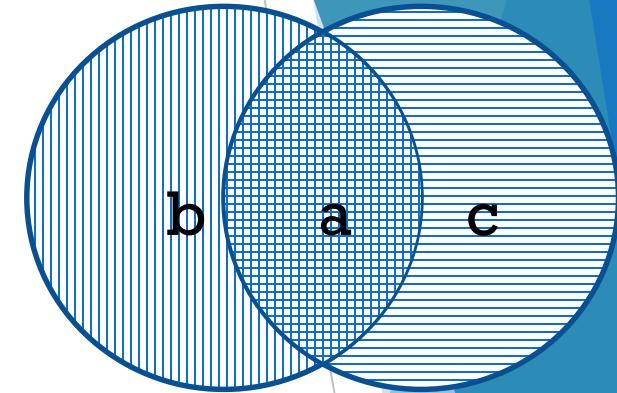
► ÍNDICES TRADICIONALES

- **GRADO DE DIFERENCIACIÓN** EN CUANTO A COMPOSICIÓN DE ESPECIES QUE EXISTE ENTRE DOS O MÁS COMUNIDADES.
- Cálculo de las **disimilaridades** en cuanto a composición de especies **entre pares de sitios**
- Se calcula dividiendo la diversidad regional (γ) entre la diversidad local promedio (α)

Partición multiplicativa] $\gamma = \alpha \times \beta$ Ec.(1)

\downarrow

$\beta_w = \gamma / \bar{\alpha}$ Ec.(2)



Distribución espacial de especies entre dos sitios. a= número de especies comunes; b= n° de especies únicas que ocurren sólo en el sitio 1; c= n° de especies únicas que ocurren sólo en el sitio 2.
Fuente: Koleff et. al, 2003.

Índice de Sørensen:

$$\beta_{sor} = \frac{b+c}{2a+b+c}$$

Índice de Jaccard:

$$\beta_{jac} = \frac{b+c}{a+b+c}$$

► UN ENFOQUE ACTUAL: PARTICIÓN ADITIVA

- Paquete “**betapart**” para r (Baselga, 2012)
 - La heterogeneidad detectada por la β diversidad se descompone:
 - Diferencias en el **Nº sps** = Ganancia o pérdida de especies = **DIFERENCIAS DE RIQUEZA / ANIDAMIENTO**
 - Diferencias en **TIPOS de sps** = Recambio de sps = **TURNOVER**

$$\beta_{\text{SOR}} = \beta_{\text{SIM}} + \beta_{\text{SNE}}$$

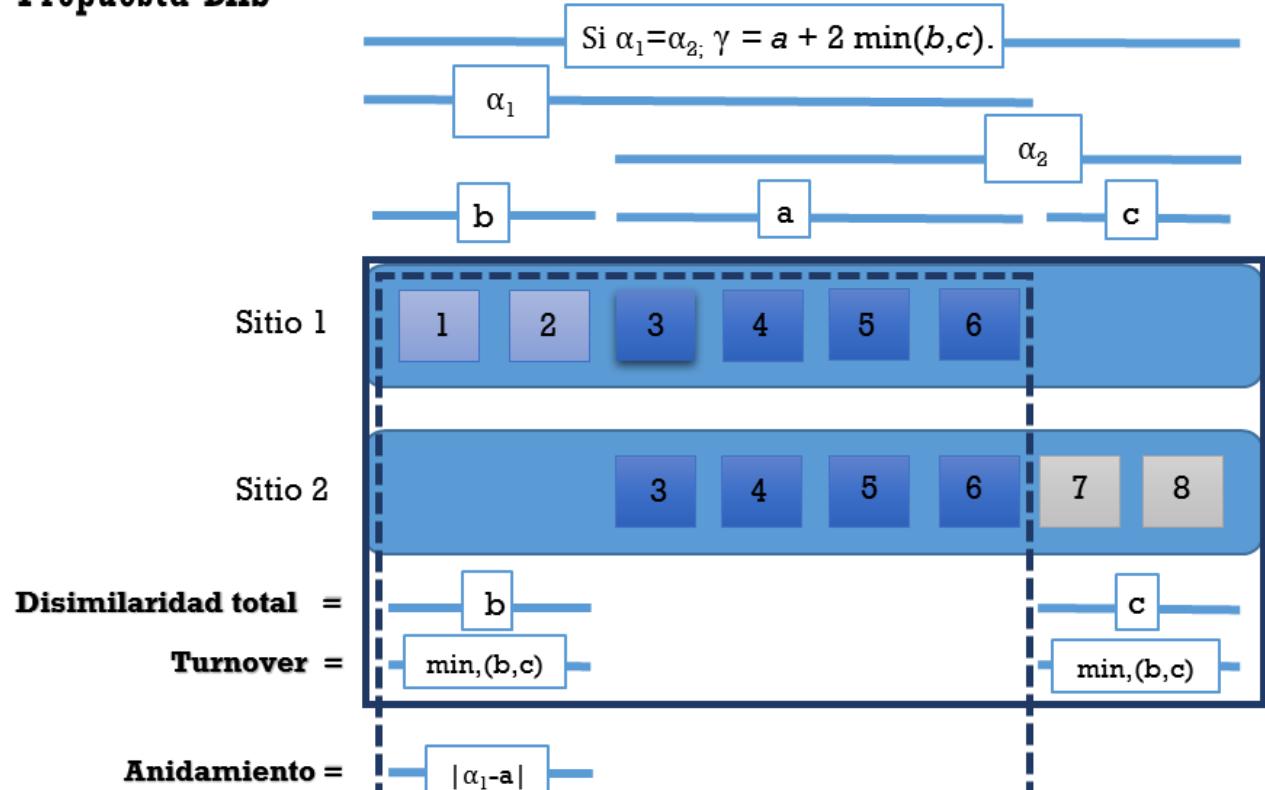
↓ ↓ ↓

Disimilaridad total = Dis. Turnover + Dis. Anidamiento

► PROPUESTAS METODOLÓGICAS

- Baselga (2010) : β diversidad = ANIDAMIENTO + TURNOVER
- Podani (2011) : β diversidad = \neq RIQUEZA + TURNOVER

Propuesta BAS



Especies
reemplazadas



Especies perdidas
por anidamiento



Especies
compartidas

Turnover Sorensen

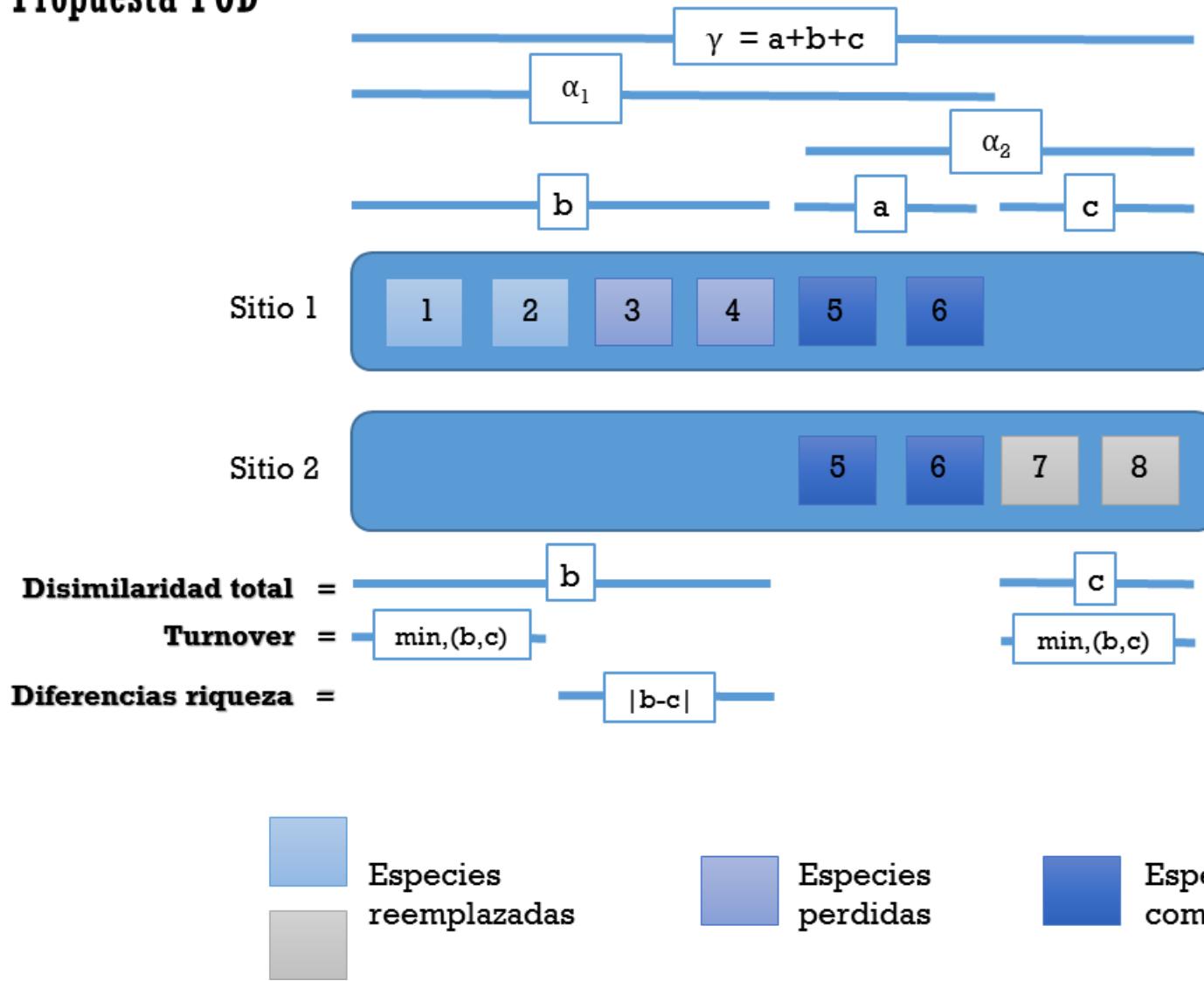
$$\beta_{sim} = \frac{\text{Turnover}}{\alpha_1 + \alpha_2} = \frac{2\min(b,c)}{2a + 2\min(b,c)} = \frac{\min(b,c)}{a + \min(b,c)}$$

Turnover Jaccard

$$\beta_{jtu} = \frac{\text{Turnover}}{\text{Diversidad } \gamma} = \frac{2\min(b,c)}{a + 2\min(b,c)}$$

Descomposición algebraica de la beta diversidad ($b+c$) según el método BAS, en dos componentes aditivos, uno debido al reemplazamiento de especies o “turnover” ($2\min(b, c)$), recogido en el cuadrado con línea continua y otro debido a las diferencias de riqueza causadas por anidamiento ($|\alpha_1 - \alpha_2|$), recogido en el cuadrado con línea discontinua. Estos componentes pueden ser relativizados según el índice de disimilitud utilizado para calcular la diversidad beta: 1) Sorensen: número total de especies del sistema ($a+b+c$), reflejado por la diversidad γ ; 2) Jaccard: suma de las diversidades locales de ambas comunidades ($\alpha_1 + \alpha_2 = 2a + b + c$). Cuando el número de especies es igual en ambas comunidades ($\alpha_1 = \alpha_2$), la diversidad γ se corresponde con: $a + 2\min(b,c)$; por otro lado, la suma de las diversidades locales ($\alpha_1 + \alpha_2$), se corresponde con la fórmula $2a + 2\min(b,c)$. Modificado de Baselga, 2012.

Propuesta POD



Turnover Sorensen

$$\beta_{3.s} = \frac{\text{Turnover}}{\alpha_1 + \alpha_2} = \frac{2\min(b, c)}{2a + b + c}$$

Turnover Jaccard

$$\beta_3 = \frac{\text{Turnover}}{\text{Diversidad } \gamma} = \frac{2\min(b, c)}{a + b + c}$$

Descomposición algebraica de la beta diversidad ($b+c$) según el método POD, en dos componentes aditivos, uno debido al reemplazamiento de especies ($2\min(b, c)$) y otro debido a las diferencias de riqueza ($|b - c|$). Estos componentes pueden ser relativizados según el índice de disimilaridad utilizado para calcular la diversidad beta: 1) Sorensen: número total de especies del sistema ($a+b+c$), reflejado por la diversidad γ ; 2) Jaccard: suma de las diversidades locales de ambas comunidades ($\alpha_1 + \alpha_2 = 2a+b+c$). Modificado de Carvalho et al. 2013

¿QUÉ INFORMACIÓN OBTENEMOS DE LA BETA DIVERSIDAD?

► ESTUDIO DE PATRONES ESPACIALES

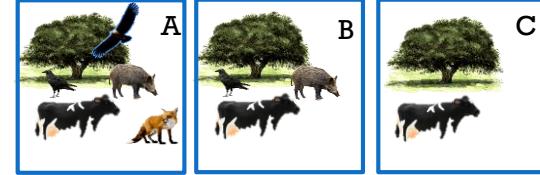
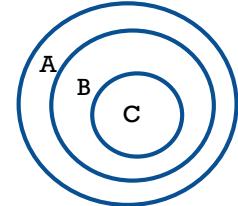
► ANIDAMIENTO

► TURNOVER

► ALEATORIO

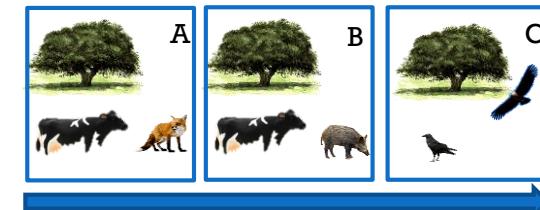
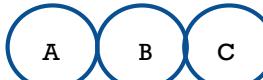
Patrón anidado

Comunidades	Especies				
	1	2	3	4	5
A	1	1	1	1	1
B	1	1	1	1	0
C	1	1	1	0	0
D	1	1	0	0	0
E	1	0	0	0	0



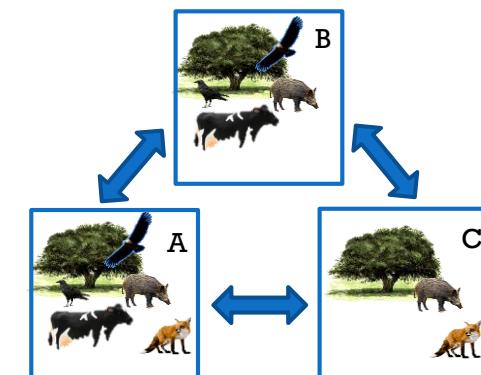
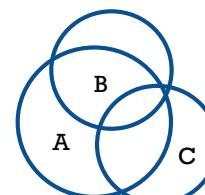
Patrón turnover

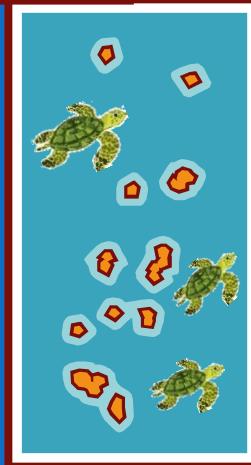
Comunidades	Especies				
	1	2	3	4	5
A	1	0	0	0	0
B	0	1	0	0	0
C	0	0	1	0	0
D	0	0	0	1	0
E	0	0	0	0	1



Patrón aleatorio

Comunidades	Especies				
	1	2	3	4	5
A	1	0	1	1	1
B	1	0	0	1	0
C	1	0	0	0	1
D	0	1	1	0	1
E	0	0	1	0	1





(+ sps) ----- GRADIENTE DE COMPOSICIÓN ----- (- sps)

GENERALISTAS + RARAS

GENERALISTAS

CASO PRÁCTICO

DETECCIÓN DE PATRONES ESPACIALES EN PASTIZALES
MEDITERRÁNEOS MEDIANTE EL ESTUDIO DE LA BETA
DIVERSIDAD

INTRODUCCIÓN

► EJEMPLO TEÓRICO

- ▶ **DATOS:** 3 MATRICES: ANIDAMIENTO, TURNOVER Y ALEATORIO.
- ▶ **OBJETIVO:** Analizar el comportamiento de las metodologías BAS y POD en la determinación de patrones espaciales teóricos.

► EJEMPLO PRÁCTICO

- ▶ **DATOS:** RIQUEZA DE PLANTAS HERBÁCEAS en un entorno mediterráneo.

- ▶ Análisis temporal 2004-2014

- ▶ DENTRO

- ▶ FUERA

- ▶ **OBJETIVO:** Analizar si existen patrones de composición espacial en comunidades herbáceas mediterráneas intensamente pastoreadas cuando tenemos en cuenta la presencia de matorral.



MATERIAL Y MÉTODOS

- ▶ **BAS y POD.** Aplicamos los índices de Sørensen y Jaccard (β_{sor} y β_{jac}) y sus respectivos componentes de turnover (β_{sim} , β_{jtu} vs. $\beta_{\text{3.s}}$, β_{3}) y anidamiento (β_{sne} , β_{jne} vs. $\beta_{\text{rich.s}}$, β_{rich}). Computamos los índices propuestos para realizar comparaciones por pares (Funciones: `beta.pair`; `beta`) y múltiples (Funciones: `beta.multi`).
 - ▶ “*betapart*” (Baselga et. al, 2013)
 - ▶ “*BAT*” (Cardoso et. al, 2015)
- ▶ **TEST DE MANTEL** . Calculamos la correlación entre las matrices dentro y fuera con los métodos BAS y POD
 - ▶ “*vegan*”

Método	Función	Descripción
Baselga (2012) “betapart”	<code>beta.pair(x, index.family="sorensen")</code>	Beta diversidad entre pares de comunidades
	<code>beta.multi(x, index.family="sorensen")</code>	Beta diversidad entre múltiples comunidades

Argumentos	Descripción de los argumentos
x	Matriz de datos, donde las filas son sitios y las columnas especies.
index.family	Familia de índices de disimilaridad, "sorensen" or "jaccard".

Método	Función	Descripción
Podani & Schmera (2011), Carvalho et al. (2012) “BAT”	<code>beta(comm, tree, abund = TRUE, func = "jaccard", raref = 0, runs = 100)</code>	Beta diversidad entre pares de comunidades
	<code>beta.multi(comm, tree, abund = TRUE, func = "jaccard", raref = 0, runs = 100)</code>	Beta diversidad entre múltiples comunidades

Argumentos	Descripción de los argumentos
comm	Matriz de sitios x especies, con datos de riqueza o de abundancia.
tree	Objeto hclust o phylo, utilizado sólo para calcular diversidad filogenética (PD) o funcional (FD)
abund	Relación booleana (T/F) que indica si los datos de abundancia deben de ser convertidos a datos de riqueza antes del análisis. Por defecto: TRUE.
func	Indica si se deben usar los índices de Jaccard o Soerensen para calcular la beta diversidad. Por defecto: jaccard.
raref	Especifica el número de individuos para la rarefacción. Por defecto: 0
runs	Número de remuestreos para calcular la rarefacción. Por defecto: 100.

RESULTADOS

► EJEMPLO TEÓRICO

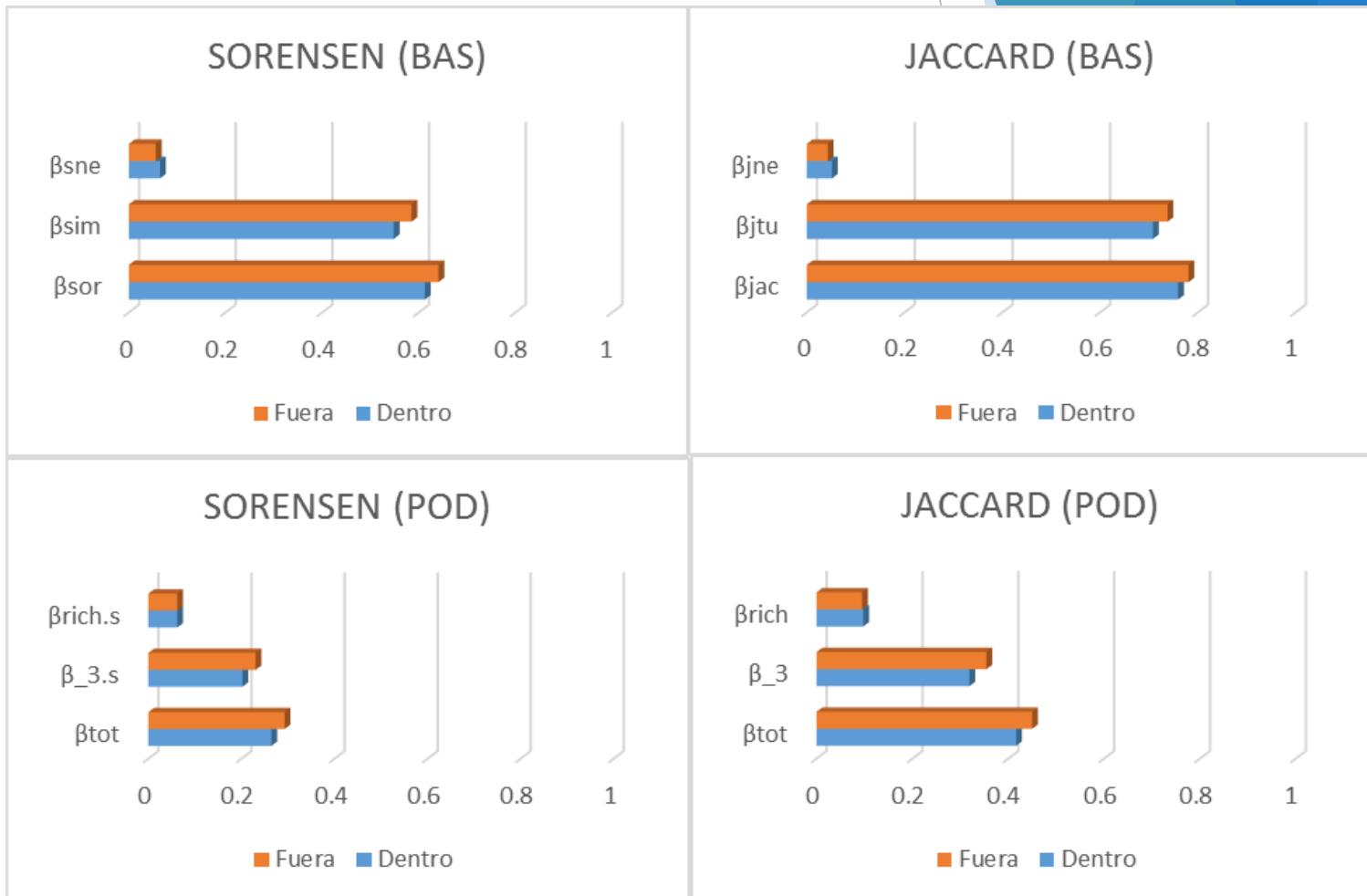
- **TURNOVER =**
- **ANIDAMIENTO**
 - **TURNOVER = 0**
 - **DIFERENCIA RIQUEZA vs. ANIDAMIENTO**
- **ALEATORIO**
 - **TURNOVER MÁX.**
- **JACCARD ≠ SORENSEN**

MATRIZ	Familia de índices	Método	Beta diversidad	Turnover		Diferencias riqueza /Anidamiento
MÁX. ANIDAMIENTO	JACCARD	BAS	Bjac	0.667	Bjtu	0
		POD	Btot	0.5	B_3	0
	SORENSEN	BAS	Bsor	0.5	Bsim	0
		POD	Btot	0.357	B_3.s	0
MÁX. TURNOVER	JACCARD	BAS	Bjac	1	Bjtu	1
		POD	Btot	1	B_3	1
	SORENSEN	BAS	Bsor	1	Bsim	1
		POD	Btot	1	B_3.s	1
ALEATORIO	JACCARD	BAS	Bjac	0.765	Bjtu	0.667
		POD	Btot	0.652	B_3	0.403
	SORENSEN	BAS	Bsor	0.619	Bsim	0.5
		POD	Btot	0.523	B_3.s	0.349

RESULTADOS

► EJEMPLO PRÁCTICO

- Disimilaridad total debida en gran parte al recambio de especies entre años
- No hay grandes diferencias entre dentro y fuera
- TURNOVER FUERA/ANIDAMIENTO DENTRO
- CORRELACIÓN MANTEL SIG. PARA DIFERENCIA DE ESPECIES



CONCLUSIONES

- ▶ **DIFERENCIAS BAS y POD: componentes debidos a las diferencias de riqueza**
 - ▶ Componentes de TURNOVER han de ser también diferentes conceptualmente
- ▶ En comunidades herbáceas mediterráneas, la beta diversidad asociada al patrón de composición temporal está dominada por el componente de turnover que define el recambio de especies a lo largo de los años.
- ▶ Los métodos BAS y POD pueden llevar a conclusiones totalmente diferentes sobre la misma base de datos, por lo que hay que tener en cuenta las ventajas y limitaciones de cada uno (Carvalho et al. 2012).
- ▶ La diferenciación de los componentes de la beta diversidad es crucial para mejorar el conocimiento que tenemos sobre los procesos ecológicos y los patrones de distribución observados en la naturaleza

NUEVOS HORIZONTES...

- ▶ **Diversidad funcional y filogenética** (Cardoso et al, 2014)
- ▶ **Ciencias económicas:** *diversidad industrial de Herfindahl* (diversidad de empresas pertenecientes a una industria), *coeficientes de Gini* (diversidad de tipos de industrias en un área geográfica determinada)
- ▶ **Sociología y psicología:** *Gibbs–Martin* (diversidad productiva de la industria de un territorio)

**MUCHAS GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**