

Biodiversidad y riqueza biológica. Paradojas y problemas

Antonio Melic

Resumen: Se examinan algunas paradojas de la idea de Biodiversidad, los problemas básicos de su aplicación práctica y las relaciones entre los conceptos de Biodiversidad y Riqueza Biológica.

Palabras clave: Biodiversidad, Riqueza biológica.

Abstract: Some paradoxes of the concept Biodiversity, their basic problems for the practical application and the relations between Biodiversity and Biological Richness has been examined.

Key words: Biodiversity, Biological Richness.

INTRODUCCIÓN

Desde que Haeckel definiera en 1869 Ecología como el estudio científico de las interrelaciones entre organismos y su medio ambiente, el concepto ha ido penetrando, tenuemente al principio, con vigor en la década de los 70 y como un torbellino imparabile en la de los 80, en amplios colectivos sociales, de tal forma que puede afirmarse que en la actualidad, además de una ideología con peso político específico en todas las sociedades desarrolladas, constituye una de las preocupaciones individuales más extensa y profundamente arraigadas. Tanto, que algunos de nuestros pensadores han iniciado la búsqueda de una explicación que trascienda el hecho «medioambiental» en sí mismo y penetre territorios espirituales: religión, culpa psicológica, etc. (CLAVAL, 1993).

Paradójicamente —y no será la última vez que utilice esta palabra— puede detectarse en los últimos años un cierto abandono del uso de la expresión Ecología, bien porque su uso masivo, indiscriminado, haya terminado por vaciarla de contenido o bien porque, en su raíz, trae ciertas connotaciones de carácter reivindicativo que, lógicamente, no son agradables a los centros de poder.

Paralelamente a esta, llamémosle, restricción de uso, otro término ha prendido con fuerza inusitada en colectivos muy heterogéneos: Biodiversidad, idea condenada a sobrepasar los círculos estrictamente científicos y a convertirse —si no lo ha hecho ya— en uno de los conceptos claves del fin del milenio. Sin embargo, el éxito —la aceptación generalizada del término— no ha sido acompañada habitualmente de una com-

prensión general de la idea, de tal modo que Biodiversidad termina en muchos casos como una simple formulación «sinonímica» de Ecología o, lo que resulta todavía más habitual, una expresión de la Riqueza Biológica.

No se puede estar del todo en desacuerdo con la primera acepción. Sí, con la segunda.

RIQUEZA BIOLÓGICA

Podemos definirla como el número de especies de fauna y flora diferentes presentes en un determinado espacio (ecosistema, biotopo o superficie) y en un determinado período de tiempo.

El ejemplo más simple es un terrario en el que introducimos una especie de escorpión y una de grillo (de momento nos olvidaremos de los protozoos y otros seres más o menos incontrolables en condiciones normales). Evidentemente, la Riqueza faunística (R) es 2. La Biodiversidad, sin embargo, puede no ser 2.

BIODIVERSIDAD

El diccionario nos dirá que «Diversidad» es la abundancia de elementos diferentes —biológicos, si hablamos de Biodiversidad— en un conjunto o composición. Es decir, la Biodiversidad toma en cuenta no sólo el número de especies diferentes (R), sino también su abundancia (A) o presencia relativa.

En el terrario tenemos una especie de escorpión (p. e. *Buthus occitanus*) y otra de grillo (*Gryllus campestris*), pero ignoramos cuantos ejemplares de cada especie acechan y corretean, respectivamente, en su interior. El más simple de todos los índices de Biodiversidad (Simpson) establecería los siguientes valores, según los casos:

TERRARIO NÚMERO:	Nº 1	Nº 2	Nº 3
Nº ejem. <i>B. occitanus</i>	50	25	1
Nº ejem. <i>G. campestris</i>	50	75	99
Nº ejemplares totales	100	100	100
Riqueza faunística (R)	2	2	2
Diversidad (I. Simpson)	2	1,6	1

El índice de diversidad, diferente en los tres casos para un mismo valor de la Riqueza faunística, no debe tomarse como «valor absoluto», sino como una mera medida comparativa del grado de diversidad^[1].

Convengamos en definir, pues, Biodiversidad como la expresión de la variedad de especies (R) y su abundancia (A) o distribución, presentes en un ecosistema (BEGON, 1987; MARGALEF, 1991, etc.).

Por ello, y en contra de la idea general, un aumento significativo de la Riqueza de especies puede no modificar sustancialmente la Biodiversidad. Tomemos el Terrario nº 2 del ejemplo anterior. Convendremos en que si se introduce accidentalmente la especie *Musca domestica*, la Riqueza faunística habrá tenido un incremento del 50 % (de 2

a 3 especies presentes). Veamos cómo varía la Diversidad en función del número de moscas introducidas, para lo cual, consideraremos que algunos de los ejemplares anteriores han fallecido o escapado (al objeto de mantener el tamaño de la muestra: 100 ejemplares):

VARIACIONES INTRODUCIDAS EN EL TERRARIO NÚMERO 2:	Supuesto 2A	Supuesto 2B	Supuesto 2C
Nº ejem. <i>B. occitanus</i>	25	22	17
Nº ejem. <i>G. campestris</i>	74	68	50
Nº ejem. <i>M. domestica</i>	1	10	33
Nº ejem. totales	100	100	100
Riqueza faunística (R)	3	3	3
Diversidad (I. Simpsons) [2]	1,6388	1,9201	2,5786
Incremento s/. Div. inicial	0,0388	0,3201	0,9786

Recordemos que el índice de Diversidad inicial (con los 75 grillos y 25 escorpiones) era del 1,6. La introducción accidental de una mosca (un tercio de las especies presentes en el ecosistema) apenas representa modificación de la Diversidad (1,6388). Sólo cuando la introducción es significativa (caso 2C) la Diversidad crece sustancialmente. Trasladando esta hipótesis a un ecosistema natural, donde conviven 5 ó 10.000 especies, la pérdida de una especie poco abundante apenas implicará pérdida de diversidad biológica.

Pero el ejemplo nos lleva a otra percepción inmediata: la idea de que la diversidad «mide» relaciones biológicas entre las especies que constituyen la riqueza faunística del ecosistema. La diversidad crece cuando la abundancia de la especie introducida es grande, es decir, cuando el número de interrelaciones (o dependencias) es hipotéticamente importante. En ecosistemas naturales, las introducciones accidentales sólo pueden hacerse significativas cuando las especies establecen interrelaciones permanentes con otros animales o plantas; en caso contrario, no pueden prosperar. Por ejemplo, cuando *Caryceus marshalli* llegó a Mallorca en 1988 aumentó la Riqueza biológica de la isla en 1 especie (supongamos que en 1/10.000); la diversidad también aumentó, pero en una proporción infinitamente menor (supongamos también que en 1/1.000.000.000.000), debido a que la presencia del insecto se reducía a unos pocos ejemplares. Sin embargo, en pocos años, el lepidóptero ha prosperado y multiplicado sus poblaciones haciendo que el ratio de diversidad aumente rápidamente. Podría decirse que la Diversidad se incrementa por la existencia de un nuevo tipo de relación en el ecosistema (como mínimo, la establecida entre el insecto y su planta nutriente). El número de relaciones era muy bajo cuando la presencia de la mariposa era escasa, multiplicándose conforme crece la abundancia de la especie animal. A largo plazo, si la especie se convierte en plaga (por ejemplo, por la ausencia de depredadores), la Diversidad crecerá hasta que el número de gerianaceas que desaparezcan supere al de nacimientos del lepidóptero. En una situación límite, terminarán por desaparecer las especies vegetales y, al mismo ritmo (por la falta de alimento), las animales. En ese momento, la Diversidad habrá quedado por debajo de su estado inicial anterior a la invasión del lepidóptero (supuesto que ninguna otra especie resultara beneficiada por la desaparición de los Geranium). Si aquél —en una hipótesis que en estos momentos resulta muy remota— terminara por establecerse en el ecosistema, manteniendo unas poblaciones estables «soportables» por las de gerianaceas, la Diversidad del ecosistema habrá aumentado (salvo que el asentamiento de *Cacyreus marshalli* implique la desaparición de otra especie con la que pueda competir).

PROBLEMAS DE LA BIODIVERSIDAD

Como conclusión del ejemplo anterior puede extraerse la idea de la dificultad de la medición —o simple apreciación— de la Biodiversidad de un ecosistema. Esquemáticamente, los problemas pueden resumirse en:

1. La dificultad de la **medición de la Riqueza biológica**. La identificación de todos los taxones presentes en un ecosistema obliga a referir los estudios de Biodiversidad a grupos de especies considerablemente reducidos. Es suficiente pensar en los microorganismos o insectos presentes en un determinado hábitat para comprender la dificultad de la tarea. Curiosamente, la Taxonomía —o más correctamente, la Sistemática— decae con la misma rapidez que crece el interés por la Biodiversidad (MARTÍN PIERA, 1991; BACH, 1991, etc.): la paradoja radica en el hecho de que una de las causas de disminución del número de taxónomos es el trasvase de inquietudes biológicas del campo de la Sistemática al de la Ecología y, ahora, al de la Biodiversidad.

2. Otro problema es la significación implícita en la elección del «espacio» a estudiar. Evidentemente, cuanto mayor es el espacio de estudio mayor es la Diversidad presente y viceversa. En condiciones «naturales» la ingente cantidad de datos a utilizar impide un conocimiento ideal de la Biodiversidad. No obstante, puede obtenerse una información con un alto nivel de fiabilidad, mediante la elección de una muestra adecuada, aunque ello implica trasladar el problema a otro ámbito: si es pequeña, la información será no significativa (de hecho, puede ser engañosa); si es grande, no será operativa y su coste de obtención, a pesar de las modernas técnicas de manejo de datos, será desproporcionado con respecto a los resultados. En cualquier caso, no puede perderse de vista que la medida de la diversidad se refiere a un continuo espacio-temporal más o menos extenso que no puede ser desvirtuado por la muestra.

3. La elección de la **unidad de medida**. Hasta ahora hemos tomado como unidad de medida a las especies y ello nos puede llevar a considerar situaciones absurdas como las más adecuadas o preferibles. Si volvemos al ejemplo inicial del terrario con escorpiones y grillos tendremos que reconocer que la situación que más debe aproximarse a la distribución natural de las especies, es el terrario C, en el que existen 99 grillos por escorpión. Las presas son más numerosas que los depredadores; de otro modo, terminarán por desaparecer ambos. Sin embargo, la Diversidad es menor en este terrario que en los dos anteriores, en los cuales se daban presencias o distribuciones «antinaturales». Por este motivo, suele utilizarse en los cálculos de biodiversidad una unidad de medida diferente: la biomasa, mucho más equitativa (aunque lejos de ser perfecta) que el número de especies. La biomasa total de las hormigas presentes en una zona será más parecida a la biomasa de los osos hormigueros de la misma zona que las cifras de individuos de cada especie. ¹¹

4. La elección de la **Medida de la Biodiversidad**. Existen decenas de índices para medir la Diversidad y todos son igualmente válidos, pues todos establecen una medida abstracta (numérica) que tiene utilidad en cuando permiten la comparación de resultados. En otras palabras, es un sistema de autoreferencias que nos indica las variaciones habidas. El índice NIKEI o el de la Bolsa de Madrid es similar en su naturaleza y ninguna información ofrece el conocimiento de que al cierre de hoy alcanza el valor 314, si desconocemos un valor anterior que nos permita determinar si ha aumentado o disminuido y si dicha variación ha sido significativa o despreciable. Los índices de Biodiversidad son, pues, medidas en sí mismas que tienen escaso valor, salvo que se establezcan comparaciones espacio-temporales.

El índice más usado es el de Shannon y Weaver (1949), propio de la teoría de la comunicación y que tiene la expresión:

$$D \text{ (Shannon)} = - \sum_{i=1}^R P_i \ln P_i$$

donde P_i es la presencia relativa de la especie i (en realidad, su frecuencia estadística) y R la riqueza biológica o número total de especies presentes.

El índice de Shannon tiene, posiblemente, una ventaja sobre el de Simpson, que veremos a continuación: tiene un valor máximo constante en torno a 5,3. Conocido un resultado, puede compararse directamente con éste como medida de referencia. La Diversidad de una Comunidad de fitoplacton costero arroja un valor de entre 1 y 2,5; la de fitoplacton oceánico, entre 3,5 y 4,5; y entre las Comunidades de Aves, se ha calculado que las de terrenos descubiertos se encuentran entre 1,8 y 3,2, las de bosques templados entre 3,5 y 4,1 y las de bosques tropicales entre 5 y 5,2 (MARGALEF, 1992).

Pero a nuestros efectos, podemos utilizar otro índice más asequible, el de Simpson:

$$D \text{ D (Simpson)} = 1 / \left[\sum_{i=1}^R (P_i)^2 \right]$$

Cuanto menores sean las frecuencias (P_i) de las especies en el ecosistema, mayor será D . O dicho de otro modo, la Diversidad crece cuanto más equitativa sea la presencia de las especies, lo que explica el porqué de la mayor diversidad en los trópicos: no sólo existe mayor número de especies, sino que su presencia individual es más homogénea que en países fríos, donde un número inferior de taxones tiene una abundancia más desigual, lo cual podría traducirse, curiosamente, en que es más difícil capturar un ejemplar de una especie cualesquiera en el trópico que un ejemplar cualquiera en un país frío, pues la frecuencia media es menor.

Veamos otro ejemplo: capturemos dos muestras de 100 mariposas cada una. La primera en la selva de Brasil, la segunda en Zaragoza. Podríamos dar como buenos los siguientes resultados:

	BRASIL			ZARAGOZA		
	SP.	EJEM.	TOTAL	SP.	EJEM.	TOTAL
Capturas: clasificación	25	3	75	2	25	50
según número de ejemplares						
de cada especie	25	1	25	3	10	30
				9	2	18
				2	1	2
Riqueza biológica (R)	50			16		
Media de capturas/sp.	2			6,25		
Capturas totales	100			100		
I. Diversidad (Simpson) [3] .	40			6,2972		
Equitatividad (0-1) [4]	0,8			0,3935		

En estas condiciones, paradójicamente, la pérdida de una especie en ambos ecosistemas tiene un efecto más acusado en ZARAGOZA que en BRASIL, incluso en lo referente a especies escasas (con 1 sólo ejemplar)^[5]. Sólo cuando todo (o una parte significativa) del ecosistema es el que desaparece o se encuentra en peligro, es considerablemente mayor la pérdida de Biodiversidad global.

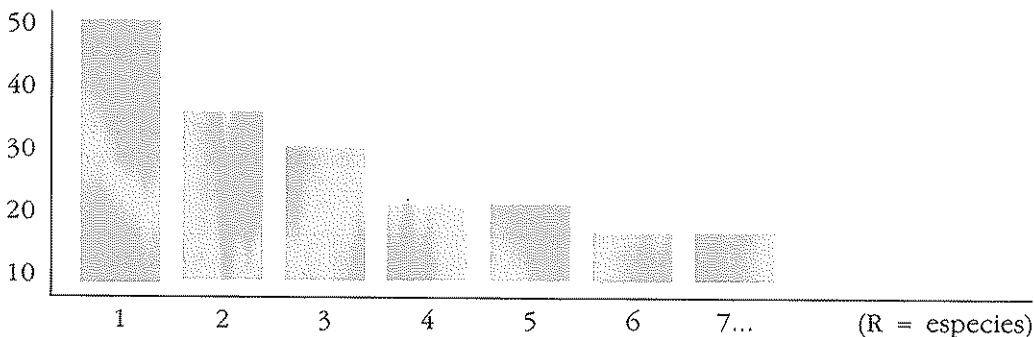
El valor máximo que alcanzará D será igual a R y ello sólo ocurrirá cuando la presencia de todas las especies sea la misma. Conforme la distribución de las especies varíe, D tenderá a reducirse aún cuando R se mantenga fija.

Esto nos lleva al concepto de Equitatividad, que viene a ser una razón entre la Diversidad y la Riqueza biológica: $E = D / R$, o lo que es igual, la proporción entre la D obtenida y la máxima posible. La equitatividad tomará siempre un valor comprendido entre 0 y 1 y debe ser siempre analizada conjuntamente con los resultados de diversidad.

En realidad, operando con la fórmula anterior, obtenemos: $D = R \times E$, es decir, que la Diversidad depende del número de especies (R) y de su regularidad o frecuencia (equitatividad). Por ello, es posible que una comunidad rica en especies, pero poco equitativa, tenga un índice de diversidad más bajo que otra comunidad con una riqueza menor pero altamente equitativa.

COLOFÓN

En definitiva y a pesar de los comentarios y formulaciones anteriores, la Biodiversidad y sus feos índices están intentando «medir» el valor de un sencillo Histograma de frecuencias del estilo:



para decirnos cual es «preferible» en base a su riqueza zoológica y estructura de la población. Las comparaciones entre histogramas de diferentes ecosistemas o momentos informarán sobre la dinámica de poblaciones y sobre la historia biológica del ecosistema.

En lo que respecta a la Riqueza biológica o catálogo de especies de un ecosistema, podemos concluir que son un mero componente (aunque muy importante) de la Biodiversidad del mismo y que, sólo en algunos casos (índice de Simpson), definen el valor máximo que puede tomar ésta.

La Diversidad de todo un ecosistema es imposible de medir: una Utopía absoluta en la práctica, aunque las aproximaciones —fragmentarias o parciales— constituyen una

herramienta válida e importantísima para el estudio de colectivos biológicos determinados y las interacciones entre sus elementos, lo que viene a ser, por cierto, la definición de Ecología.

Notas:

- [1] Los resultados del índice de Diversidad de Shannon para el ejemplo de los tres terrarios, serían: Diversidad (I. Shannon): n° 1: 0,6931; n° 2: 0,5622; n° 3: 0,0559.
- [2] Para el caso de las introducciones de una nueva especie en el terrario n° 2, el índice de Shannon da: Diversidad (I. Shannon): n° 2A: 0,6154; n° 2B: 0,8256; n° 2C: 1,0136.
- [3] En el ejemplo de las muestras de mariposas, el índice de Shannon toma los siguientes valores: BRASIL: 3,7811 ZARAGOZA: 2,1801.
- [4] La equitatividad se calcula igualmente partiendo de la fórmula de la Diversidad de Shannon. Los valores de la Equitatividad (Shannon), serían: BRASIL: 0,966 ZARAGOZA: 0,786.
- [5] Así, la pérdida de 1 sp. capturada en una sola ocasión, reduce D a 39,363 en Brasil (un 1,59%) y a 6,1765 en Zaragoza (un 1,91%). La diferencia crece si la especie tiene una mayor presencia.

BIBLIOGRAFÍA

- BACH, C., 1991. Entomología ¿una Ciencia en crisis?, *Bol. Asoc. esp. Ent.*, 15:11-27.
- BEGON, M. et al., 1987. *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades*. Ed. Omega. Barcelona.
- CLAVAL, P., 1993. Ecología y ecologismo de fin de milenio. *Rev. de Occidente*, n° 149:9-24.
- MARGALEF, R., 1991. *Teoría de los Sistemas Ecológicos*. Univ. Barcelona.
- MARGALEF, R., 1992. *Ecología*. Ed. Planeta. Edición revisada. Barcelona.
- MARTÍN PIERA, F., 1991. Sistemática, Biodiversidad y Conservación del Medio Natural. *Mem. Journ. Med. Nat. Albacetense*. Int. Est. Albacetenses.

Antonio Melic
Avda. Radio Juventud, 16
50012 ZARAGOZA (ESPAÑA)

