

FOCUS ARTICLE

USO DE LOS TAXONES DE NIVEL SUPERIOR EN LA EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA A ESCALAS BIOGEOGRÁFICAS

Antonio López Almirall

La escala espacial más conocida es la usada en ingeniería y geografía, esta es la relación matemática entre la distancia en un plano o mapa y la real. En ecología y biogeografía la escala espacial es conceptualmente diferente. Aunque no hemos encontrado una definición, la escala espacial en ecología y biogeografía se identifica, de acuerdo con Myers y Giller (1991) como el tamaño de un área de trabajo expresada en forma cualitativa

Las concepciones de Myers y Giller (1991) que separan la escala ecológica de la biogeográfica son reconocidas en las publicaciones de este siglo (Whittaker et al., 2001; Halffter, 2005). La escala ecológica es un área de trabajo que por su tamaño solo pone en evidencia los efectos de las variables ambientales locales sobre los ecosistemas. Entre esas variables están las debidas a la topografía, el suelo y las alteraciones meteorológicas. Escalas biogeográficas son territorios que por su amplitud permiten apreciar la acción de los cambios climáticos, las variaciones del relieve, la deriva de los continentes, etc.

La escala espacial como se asume en ecología y biogeografía es uno de los parámetros que más inconvenientes causa en los estudios de diversidad biológica.

Relacionados con ella hay vacíos conceptuales que provocan discusiones a partir de los diferentes enfoques. Una valoración interesante aparece en Whittaker et al. (2001). Allí se ponen sobre la mesa las variaciones cualitativas de las categorías taxonómicas y las variables ambientales en función de la escala.

Whittaker et al. (op. c.) comparan y discuten los criterios de jerarquía en la diversidad biológica enunciados por Cody (1975) y por Whittaker (1975). En la comparación aseguran que la diversidad beta del primer autor equivale a la beta-gamma del segundo, y la definen como rotación y sustitución de especies entre comunidades de un paisaje. También mencionan la diversidad ϵ de Whittaker (1975), que ocurre entre paisajes de una región.

En ese punto, Whittaker et al. (2001) comentan que a la escala de paisajes en una región sólo hay sustitución de especies. Ello se debe a que las diferencias ecológicas entre los paisajes son tan grandes que limitan la presencia de muchas especies en varios paisajes de una región. Los autores suponen que la diversidad ϵ es intermedia entre el paisaje y por último la que mencionan con el término descriptivo región/continente, sin más calificativo. Esta última escala citada, sería la

inmediata inferior a la planetaria, y allí, según dicen, los reemplazos son entre taxones de nivel superior. El autor es, hasta ahora que sepamos, el único que de manera expresa reconoce que al elevar la escala espacial a nivel biogeográfico, también aumenta la escala taxonómica en las variaciones de la diversidad biológica. Algo que, a nuestro entender, es una perogrullada que la mayoría de los autores prefiere pasar por alto.

Con esto queremos decir que la diversidad biológica ϵ y la que correspondería a otras escalas espaciales generalmente no se tiene en cuenta, y las pocas veces que se hace, es abordada de manera narrativa. No obstante, hay excepciones valiosas que se materializan en intentos metodológicos para enfrentar esos problemas (Martín Piera et al. eds., 2000), aunque muchas veces no se continúan.

Esa debilidad es discretamente subrayada por el Dr. G. Halffter (2000) en la presentación de la obra. Casi al final del texto Halffter (2000) recomienda, como paso inicial para salvar el vacío, usar la información disponible a escala regional y las nuevas tecnologías, sin recomendaciones muy específicas.

En Halffter et al. (2001) el tema de la diversidad biológica a grandes escalas apenas se percibe. Entre otras cosas, en la publicación se muestra el esquema, tomado de otro autor con el pie de grabado: "composición, estructura y función de los sistemas biológicos". En el esquema de Halffter et al. (2001) se identifican

cuatro niveles de organización espacial, y el más alto es el paisaje. El autor del esquema escapó del problema ignorándolo.

La compilación de Halffter et al. (2005) de acuerdo con el subtítulo, "El significado de las diversidades alfa beta y gamma", estaría limitada al paisaje, si tenemos en cuenta los clásicos que compara Whittaker et al. (2001). Sin embargo, hay por lo menos dos intentos muy serios para resolver problemas relacionados con escalas mayores. Rodríguez & Arita (2005) y Piñero (2005) hablan sobre formas en que puede abordarse una diversidad beta de orden global, pero solo discuten variaciones cuantitativas de la riqueza en especies y no tocan las sustituciones. A nuestro modo de ver, aunque las propuestas están bien fundamentadas, responderían a lo que podríamos llamar, usando el lenguaje de los autores, diversidad "gamma global".

En la búsqueda de paliativos al problema de las variaciones de la diversidad a grandes escalas, fundamentalmente la de sustitución, acudimos a la discusión de Fontenla y López (2007) sobre la especie y sus características esenciales. En esa publicación se define la especie como unidad semiótica real. Esa unidad es parte de sistemas infodinámicos autoorganizados donde se suceden períodos de estasis y de cambio, que cada cierto tiempo pasan del orden al caos y viceversa. Estos sistemas recuerdan el pasado de tal forma que en los períodos de cambio conservan lo aprendido en los de estasis. A

esta propiedad, los autores mencionados la llaman memoria del linaje.

Generalmente la percepción del ser humano sobre la especie se asocia con un organismo de una población dada. Ese organismo se asume como ejemplar patrón y se le denomina "tipo". Este método recuerda los usados en sistemas creados por el hombre para evaluar dimensiones físicas como el espacio y la masa. Sin embargo, la comprensión de la especie se complica cuando aparecen poblaciones cuyos ejemplares difieren del "tipo" y se asumen nuevas entidades sistemáticas, las infraespecies. Entonces se nombra un "tipo" para cada infraespecie, y así aparecen especies con series de tipos, o lo que es lo mismo, varios patrones para un solo nivel taxonómico. Esto obliga a jerarquizar los "tipos" por lo que menudo en las colecciones biológicas es necesario consultar, el "tipo" de la variedad "tipo" de la subespecie "tipo" de la especie tal.

Si bien las especies se perciben durante las estasis, se identifican como consecuencias de los cambios ocurridos en la información durante las etapas de caos. Fontenla y López (2007) aseguran que la permanencia de esos cambios depende de su capacidad para facilitar que un linaje perdure en el tiempo y las condiciones ambientales que prevalecen en el territorio donde está presente.

Sin embargo, los cambios en la información que portan los linajes son acumulativos y no tienen la misma intensidad. Estas premisas determinan modificaciones tan

profundas que superan a los que normalmente nos permiten percibir las especies. De ese modo aparecen bifurcaciones en la filogenia, que reúnen grupos monofiléticos de especies. Esos grupos son verdaderos bloques de información integrada que se continúan en cada una de las especies que lo forman.

La bifurcación inicial de cada bloque es un nodo cuya información se manifiesta en el espacio y el tiempo más allá de cualquiera de las especies que reúne. Esos nodos son emergencias filogenéticas que permiten seguir en profundidad la ruta de los linajes. La primera percepción consiente de los nodos está en Linneo, quien delante del nombre de la entidad evolutiva, la especie, identifica el nodo inmediato anterior o contentivo, el género.

Uno de los objetivos fundamentales de la taxonomía es interpretar la secuencia de estas emergencias informáticas reales, aunque conceptualmente no están homologadas por estructuras que certifiquen su existencia material. La existencia material de esos nodos a menudo se trata de imponer como necesaria por corrientes reduccionistas en la biología, para asumir la información como entidad real. Cuando decimos material, nos referimos a todo aquello que se percibe directamente por alguno de los cinco sentidos históricamente identificados.

Sobre la interpretación que en cada momento histórico hacen de estos nodos los especialistas, se han construido todos los sistemas taxonómicos. La falta hasta el momento, de una interpretación holística sobre

los sistemas complejos de autorganización que tienen los seres vivos, es la gran limitación de los sistemas creados por el hombre. Por esa razón los sistemas creados se asumen como aproximaciones sucesivas a la naturaleza, dependiente del grado de desarrollo de la taxonomía. La mencionada visión se trasmite a través de los sistemas y niveles en que se enseña esa disciplina científica.

En la actualidad es común que la existencia real de las unidades taxonómicas superiores no sea reconocida, pero no siempre fue así. Mucho antes que Whittaker (1960) popularizara el término “diversidad biológica” estos taxones se usaban para caracterizar el paisaje de extensas regiones. Ejemplos son la taiga y las sabanas, la primera formación tiene el estrato arbóreo dominado por la familia Pinaceae y en el estrato herbáceo de la segunda Poaceae es la familia más rica y abundante. Comenzada la segunda mitad del siglo XX esta visión era casi una curiosidad referida a una práctica dejada atrás (Strasburger et al. 1974), pero se retomó con fuerza en la década de los noventa para definir los biomas (Raven et al. 1992).

Un ejemplo del manejo didáctico actual de las unidades taxonómicas superiores está en Raven & Johnson (2002). Los autores explican los reinos a partir de concepciones filogenéticas, con lo cual reconocen que las unidades superiores evolucionan. Pero la evolución es un proceso privativo de los seres vivos, por tanto en esa explicación asume la existencia real de los

reinos. Como el reino, es el nivel jerárquico de organización más alto en taxonomía, reconocer su existencia real significa hacerlo con todas las categorías taxonómicas.

Durante años sólo la escuela de Leningrado (San Petersburgo) usó taxones de nivel superior para caracterizar formaciones vegetales (Tolmachov 1974). La categoría “especie” era insuficiente para trabajar en estepas de extensión continental. Las publicaciones de esa escuela comenzaron a ser citadas en occidente hacia los noventa del siglo pasado (Major 1994). Asegura el científico ruso que las formaciones vegetales esteparias se pueden caracterizar con las nueve o diez familias más ricas presentes en una formación vegetal. Gentry (1986), sin mencionar a Tolmachov (*op. c.*), por lo que suponemos no lo conoció, fue el primero en América que usó las familias, como categoría taxonómica, para estudiar la diversidad vegetal. Según asegura el autor, fue la solución ante las grandes diferencias cualitativas de especies entre parcelas contiguas de las pluvisilvas, lo cual impidió usar esa categoría taxonómica para analizar la diversidad de sustitución. El éxito obtenido lo impulsó a usar las familias para comparar las pluvisilvas del mundo (Gentry 1988). Este es el único intento que conocemos de analizar la diversidad biológica de reemplazo de un bioma en casi todo el planeta. Lo cual a nuestro modo de ver se hizo con éxito.

En la misma época apareció en idioma inglés la regionalización fitogeográfica de

Takhtajan (1986), quien también desarrolló su trabajo en Leningrado. Cox (2001) asegura que esa es la primera obra de su tipo basada en un sistema jerárquico coherente que divide el planeta en cuatro niveles territoriales. Takhtajan (1986) define sus categorías territoriales en función del endemismo en diferentes niveles taxonómicos. Más adelante Martín-Piera (2000) prueba que en un linaje, la riqueza de una categoría taxonómica se puede expresar como función exponencial de otra categoría de nivel superior. Este autor no cuestiona la especie como estimador único de la diversidad biológica, sino que la expresa como función de taxones superiores.

Los resultados de Martín-Piera (2000) evidencian patrones en la unidad interna de los sistemas taxonómicos. Estos sistemas se comportan como conjuntos jerárquicos inclusivos, y como cualquier subconjunto se puede expresar en función de los demás, todos se pueden usar para los mismos fines. El referente más conocido es el sistema métrico decimal, donde cualquier unidad de medida usada para estimar una variable física, se puede sustituir por sus equivalentes en los subconjuntos contenedores o contenidos.

Si en cualquier contexto, para cualquier linaje, se puede expresar la riqueza de cada nivel taxonómico en función de los demás. Si además aceptamos que las categorías taxonómicas representan parte de la percepción humana del auto-ordenamiento complejo de los organismos vivos. Tales categorías se pueden

asumir como reales y además se pueden usar indistintamente para estimar cualquier tipo de diversidad biológica.

Lo analizado deja atrás cualquier duda que pudiera existir sobre los resultados obtenidos el pasado siglo por Tolmachov (1974), Takhtajan (1986) y Gentry (1988) apoyados en la diversidad de los taxones de nivel superior a la especie. Más allá, es posible estimar la riqueza de unos niveles taxonómicos, en función de los otros por una simple ecuación. Por tanto, siempre que se cumpla la relación de Martín-Piera (2000), para un grupo taxonómico, en un territorio, se puede usar la riqueza de cualquier nivel taxonómico en los análisis de diversidad biológica. Incluso se pueden analizar los resultados combinados de varios niveles taxonómicos en una misma evaluación.

López (1998a, b) parte de esas premisas para aplicar métodos en que se usan de manera indistinta la riqueza en taxones infragenéricos y en familias aunque no aparece

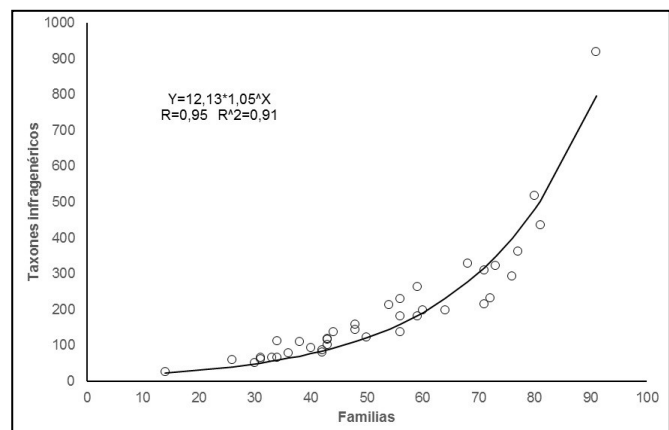


Fig. 1. Correlación entre los taxones vegetales infragenéricos endémicos cubanos y las familias que los contienen en los distritos fitogeográficos aceptados por López (2013).

en las publicaciones mencionadas. Cuba es un Archipiélago caribeño, de casi 110 mil kilómetros cuadrados y el ajuste exponencial entre taxones y familias de las plantas endémicas que se reproducen por semillas es superior a los encontrados por Martín-Piera (2000) en distintos grupos de insectos (Fig. 1).

Entre los métodos aplicados para analizar la diversidad de sustitución con ayuda de las familias está el análisis de componentes principales. En esos cálculos, los distritos fitogeográficos son las variables y las familias son observaciones. Para ponderar las familias se usa la riqueza en taxones infragenéricos.

Whittaker (1973) trató de aplicar este análisis multivariado paramétrico a la diversidad beta en las comunidades, pero fracasó en el intento. Este fracaso, explicado detalladamente por el autor, fue causado por el efecto herradura que se produjo en los resultados. Este efecto aparece cuando las diferencias entre las variables son muy grandes y varianza relativa que acumula cada vector propio es muy baja. Situación similar a la que obligó a Gentry (1986) a usar las familias para evaluar la diversidad vegetal en las pluvisilvas.

REFERENCIAS

- Cody ML. 1975. Towards a theory of continental species diversities: bird distributions over Mediterranean habitat gradients. *Ecology and Evolution of Communities* (eds. M.L. Cody and J.M. Diamond). Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Cox B. 2001. The biogeographic regions reconsidered. *Journal of Biogeography* 28:511-523.
- Fontenla Rizo J, López Almirall A. 2007, *Archipiélago Cubano. Biogeografía histórica y complejidad*. Editorial Cuba Libri, Los Angeles.
- Gentry A. H. 1986. Sumario de patrones fitogeográficos neotropicales y sus implicaciones para el desarrollo de Amazonia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas* 16:101-116.
- Gentry A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of Missouri Botanical Garden* 75 (1):1-34.
- Halffter, G. 2000. Medir la biodiversidad. En *Hacia un proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PriBES 2000*. Martín-Piera F, Morrone JJ, Melic A (Eds.). m3m-Monografías Tercer Milenio, vol. 1, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza.
- Halffter G. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y Gamma. En *Sobre la diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Halffter G, Soberón J, Koleff P, Melic A (Eds.). m3m-Monografías Tercer Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS, & CONACYT, Zaragoza.

- Halffter G, Moreno CE, Pineda EO. 2001. Manual para la evaluación de la biodiversidad en reservas de la biosfera. *Manuales & Tesis SEA* 2:1-81.
- Halffter G, Soberón J, Koleff P, Melic A. (Eds.) 2005. *Sobre la diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. m3m-Monografías Tercer Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT, Zaragoza.
- López Almirall A. 1998a. Diversidad de la flora endémica en Cuba Oriental. Familias con endemismos distritales. *Moscosa* 10:136-163.
- López Almirall A. 1998b. Algunas características del endemismo en la flora de Cuba Oriental. En *La diversidad Biológica de Iberoamérica II. Volumen Especial, Acta Zoológica Mexicana, nueva Serie*. Halffter G (Ed). Instituto de Ecología, Xalapa.
- López Almirall A. 2013. Contribución al catálogo de flora cubana: endemismos de suelos derivados de ofiolitas. *Botanica Complutensis* 37:139-156
- Major J. 1994. Endemism: A botanical perspective. En *Analytical Biogeography*. Eds Myers, A. A. & Giller, P. S.) Springer Netherlands. Londres.
- Martín-Piera F. (2000): Estimaciones prácticas de biodiversidad utilizando táxones de alto rango en insectos. En *Hacia un proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PriBES 2000* (Martín-Piera F, Morrone JJ, Melic A. (Eds.). m3m-Monografías Tercer Milenio, vol. 1, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza.
- Martín-Piera F, Morrone JJ, Melic A. (Eds) 2000. *Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PriBes 2000*. m3m-Monografías Tercer Milenio, vol. 1. Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza.
- Myers AA, Giller PS. 1991. Process, pattern and scale in biogeography. Extinction. En *Analytica Biogeography*. Myers AA, Giller PS. (Eds) Springer Netherlands. Londres.
- Noss RF. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation biology* 4:355-364.
- Piñero D. 2005. Similitudes y diferencias entre los conceptos y los patrones de diversidad beta y diferenciación genética: aplicaciones en bosques mexicanos de coníferas. En *Sobre la diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma* (G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff & A, Melic, Eds.). m3m-Monografías Tercer Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS,& CONACYT, Zaragoza.
- Raven PH, Evert RI, Eichorn SE. 1992. *Biología de las plantas*. Reverté, Barcelona.
- Raven P, Johnson G. 2002. *Biology*. McGraw Hill, New York.
- Rodríguez P, Arita HT. 2005. La diversidad beta como un elemento integrador de distintos

- patrones macroecológicos. En *Sobre la diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Halffter G, Soberón J, Koleff P, Melic A. (Eds.). m3m -Monografías Tercer Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS, & CONACYT, Zaragoza.
- Strasburger FN, Noll F, Schenck H, Schimper AF. 1974. *Tratado de botánica*. Sexta edición. Editorial Marín. Barcelona.
- Takhtajan AI. 1986. *The floristic regions of the World*. U. C. Press, Berkeley.
- Tolmachev AI. 1974. *Introduction to geography of plants*. University of Leningrad.
- Whittaker RJ, Willis KJ, Field R. 2001. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28:453-470.
- Whittaker RH. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monography* 30(3):279-338.
- Whittaker RH. 1973. Direct gradient analysis. Techniques. En *Handbook of Vegetation Science* (Ed. Tuxen R). *Part V: Ordination and classification of communities* (Ed. R. H. Whittaker). Dr. Junk b.v. Publishers, La Haya.
- Whittaker RH. 1975. *Communities and ecosystems*. 2nd ed. MacMillan, New York.

Antonio López Almirall
Museo Nacional de Historia Natural
Obispo 61, esq. a Oficinas, La Habana Vieja
10100, La Habana, Cuba
cycas@mnhnc.inf.cu