

UNA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE VALORES PRIMARIOS DE BIOINDICACIÓN

A methodology to calculate Bioindication primary values

WOLFGANG RISS¹, RODULFO OSPINA²,
JUAN DAVID GUTIÉRREZ^{2*}

¹Abt. Limnologie - Universität Münster.

²Departamento de Biología, Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

*(El presente artículo hace parte del trabajo de tesis doctoral de este autor).

RESUMEN

Este trabajo presenta una propuesta metodológica para determinar los valores numéricos de indicación primaria de un taxón hipotético cualquiera con respecto a un factor o conjunto de factores ambientales hipotéticos en una región determinada. Los valores numéricos de indicación primaria corresponden a la Tolerancia mínima (Tm) de un taxón cualquiera a un determinado factor ambiental o un conjunto de dichos factores expresados en un índice de calidad ambiental. Estos valores son determinados para cada taxón tomando el quinto percentil de la curva de distribución normal ajustada, a partir de las abundancias de cada grupo taxonómico en muestras tomadas sobre diez intervalos o clases de la escala ambiental del factor o del índice de calidad.

Palabras clave: Biomonitoring, calidad biológica, metodología.

ABSTRACT

A methodology to calculate numeric values of primary indication values for a hypothetical taxon in relation to one or several hypothetical environmental factors in a given regions, is proposed. Primary indication numeric values correspond to the minimum tolerance (Tm) of any taxon to one or several environmental factors expressed by an environmental quality index. These values are obtained for each taxon basis of the fifth percentile of the normal adjusted distribution curve, using the abundance of each taxon in samples taken at ten intervals or classes in the environmental scale of each factor or group of factors on the corresponding quality index.

Key words: Biomonitoring, biological quality, methods.

INTRODUCCIÓN

El uso de especies o conjuntos de “especies indicadoras” para la vigilancia ambiental implica asumir que la presencia de un organismo indicador es el reflejo de las condiciones del medio. Esa presencia asegura que las condiciones mínimas de supervivencia han sido alcanzadas, mientras que la ausencia no necesariamente quiere decir que dichas

condiciones mínimas no se cumplan (Hawkes 1979, Johnson *et al.*, 1993). Para aplicar los conceptos y procedimientos relativos a la bioindicación es necesario, no solo conocer la composición faunística del sitio o el ecosistema estudiado, sino también los límites y las preferencias de los taxones con respecto a un factor o un conjunto de factores ambientales (Cairns y Prat 1993, Johnson *et al.*, 1993, Reynoldson *et al.*, 1997). Para la determinación de los valores numéricos de tolerancia de los taxones individuales en la región neotropical es prácticamente imposible utilizar el criterio del consenso de expertos, por cuanto el nivel de conocimiento faunístico y de la autoecología de las especies no lo permite. Este criterio de expertos, ampliamente utilizado en otras regiones, es sustentado, por ejemplo, en el caso de los macroinvertebrados acuáticos, por el conocimiento de la fauna, la existencia de literatura taxonómica detallada y la gran cantidad de información fisicoquímica de los cuerpos de agua, recopilada durante décadas de investigaciones y monitoreos (Cairns y Prat 1993, Chessman y McEvoy 1998).

En el caso de Colombia, se debe tener en cuenta, además, que las especies locales de taxones supraespecíficos cosmopolitas vienen de linajes evolutivos propios y diferentes de aquellos de la región holártica, por lo cual pueden presentar niveles de tolerancia diferentes a los que muestran en Europa o Norteamérica (Illies 1969, Banarescu 1995). Lo anterior justifica la necesidad de presentar valores de tolerancia generados mediante el estudio directo de los factores ambientales y de la distribución de los taxones en una región determinada (Cairns *et al.*, 1993). Los valores numéricos de indicación primaria son la base conceptual de cualquier sistema de bioindicación, por cuanto permiten la combinación matemática de los valores de los taxones individuales encontrados en una muestra o en un sitio para producir un índice numérico referido al conjunto de la muestra o al sitio de estudio. Este trabajo presenta una propuesta metodológica para determinar los valores numéricos de indicación primaria de un taxón hipotético cualquiera con respecto a un factor o conjunto de factores ambientales hipotéticos en una región determinada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cada factor ambiental individual o conjunto de factores combinados matemáticamente en un índice de calidad, por ejemplo el índice fisicoquímico WQI en el caso de la calidad del agua (Brown *et al.*, 1970, Ott 1981), debe estar expresado o transformado a una escala de 0 a 10, siendo 10 el valor correspondiente al óptimo de calidad ambiental. Esta escala constituye la base objetiva sobre la cual se pueden obtener los valores numéricos de bioindicación de los organismos. Para aplicar este método se debe partir, entonces, de un conjunto de datos de las abundancias de los organismos obtenidos directamente en la región de estudio en una serie de sitios de muestreo que cubran, en lo posible, el espectro de la escala del factor ambiental o del índice de calidad escogido ("escala ambiental").

Los valores primarios de indicación se deducen de los valores de Tolerancia mínima (Tm) a un factor ambiental, lo que refleja el menor valor de calidad que "resiste" un taxón determinado. Las tolerancias mínimas se determinan con base en la distri-

bución de las abundancias de cada taxón en las estaciones de muestreo, repartidas a lo largo de los diez intervalos de la escala ambiental anteriormente mencionada. Este valor de indicación (T_m) se calcula para cada taxón mediante los siguientes pasos:

- 1. Conversión de las abundancias en "clases de abundancia":** Se establecen las siguientes clases de abundancia: clase 0 = 0; clase 1 < 3; clase 2 < 10; clase 3 < 33; clase 4 < 100 y clase 5 > 100 individuos. Esta transformación reduce el posible efecto de sobrevaloración de la dominancia de algunos grupos a nivel local, debido a la distribución natural no homogénea de los taxones, y es equivalente a otros sistemas de clasificación de la abundancia tales como: raro, escaso, abundante, dominante, etc.
- 2. Asignación de los sitios a los diez intervalos de la escala ambiental:** Cada sitio de muestreo se asigna a un intervalo de la escala de acuerdo a los valores del factor o del índice obtenidos en cada uno de ellos.
- 3. Ponderación de las abundancias en los intervalos de la escala ambiental:** Para cada taxón y para cada intervalo de la escala, se obtiene una abundancia ponderada promediando las clases de abundancia obtenidas por dicho taxón en los sitios correspondientes a ese intervalo. Así, para el caso de un taxón que, en el intervalo de ocho a nueve, está presente en dos sitios con diferentes clases de abundancia, por ejemplo de 4 y 5, el valor de abundancia ponderado en el intervalo de 8 a 9 será de 4.5, como resultado de la suma de las clases de abundancia (4+5) sobre el número de clases de abundancia (2). De esta manera, se obtiene una base de datos que permite obtener el histograma de frecuencias de cada uno de los taxones a lo largo de los diez intervalos de la escala.
- 4. Obtención de valores numéricos de indicación (T_m):** Para cada taxón se construye un histograma y se toma el quinto percentil de la distribución de frecuencias como el estimativo de la tolerancia mínima, el cual es utilizado como valor primario de indicación.

El criterio para la selección del quinto percentil como estimativo de la tolerancia mínima, se fundamenta en el hecho que dicho estadístico es un valor intermedio entre:

1. Los valores extremos de la distribución correspondientes al primer percentil o incluso percentiles menores, los cuales pueden obedecer a situaciones extremas o inusuales, tales como incrementos atípicos en el caudal, que por efecto de deriva pueden dispersar las poblaciones de los organismos a sitios más allá de sus hábitats usuales.

2. Otros estadísticos de tendencia central como la media o la mediana, los cuales conceptualmente no representan una aproximación a la situación de tolerancia mínima, pues representan el valor promedio o central de la distribución de un organismo.

A continuación se muestra un ejemplo simplificado para dos taxones $T(1)$ y $T(2)$ y nueve sitios de muestreo (S_1 a S_9). Supóngase que el valor de la escala ambiental y el número de individuos para cada taxón en cada sitio es:

Sitio	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Escala ambiental (p.e. WQI)	3.2	4.6	3.7	0	5.5	6.3	10	8.6	8.1
No. Individuos del taxón T ₍₁₎	0	1	3	0	13	57	62	78	136
No. Individuos del taxón T ₍₂₎	85	38	97	6	16	3	0	0	0

Paso 1. Clases de abundancia para los taxones T₍₁₎ y T₍₂₎: 0 → 0, 1-3 → 1, 4-10 → 2, 11-33 → 3, 34-100 → 4, >100 → 5.

Sitio	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Escala ambiental	3.2	4.6	3.7	0	5.5	6.3	10	8.6	8.1
No. Individuos del taxón T ₍₁₎	0	1	3	0	13	57	32	78	136
Clases de abundancia Individuos del taxón T ₍₁₎	0	1	1	0	3	4	3	4	5
No. Individuos del taxón T ₍₂₎	85	38	97	6	16	3	0	0	0
Clases de abundancia Individuos del taxón T ₍₂₎	4	4	4	2	3	1	0	0	0

Paso 2. Asignación de los sitios a los intervalos de calidad fisicoquímica.

Intervalos de la escala ambiental	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
Sitios por intervalo para los taxones T ₍₁₎ y T ₍₂₎	S4			S1,S3	S2	S5	S6		S8,S9	S7

Intervalos de la escala	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	Sto. percentil
Abundancia promedio para el taxón T ₍₁₎	0			(0+1)/2	1	3	4		(4+5)/2	3	4.9
Abundancia promedio para el taxón T ₍₂₎	2			(4+4)/2	4	3	1		(0+0)/2	0	0.25

Pasos 3 y 4. Ponderación de la abundancia en los intervalos de la escala, construcción del histograma de cada taxón y estimación del valor de la tolerancia mínima T_m con el quinto percentil (Figs. 1 y 2).

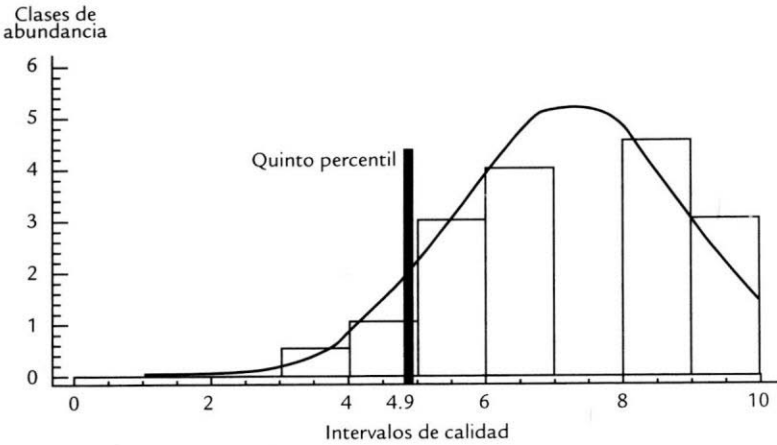


Figura 1. Histograma del taxón $T_{(1)}$ y quinto percentil como estimador de la tolerancia mínima, usado como valor primario de indicación del taxon $T_{(1)}$ respecto a una escala ambiental.

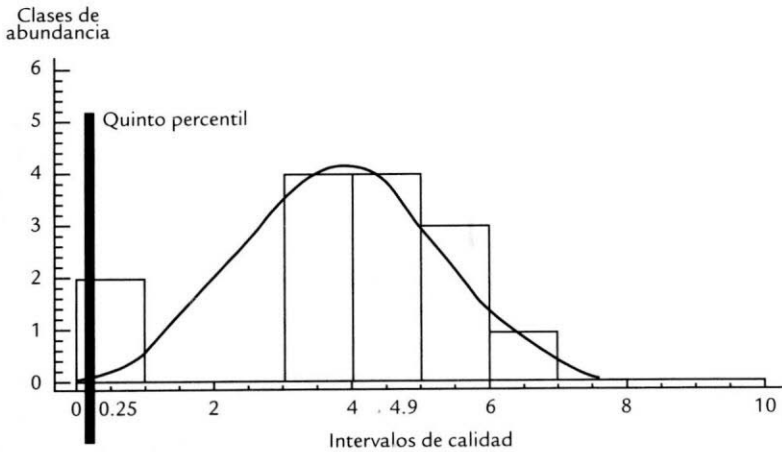


Figura 2. Histograma del taxón $T_{(2)}$ y quinto percentil como estimador de la tolerancia mínima, usado como valor primario de indicación del taxon $T_{(2)}$ respecto a una escala ambiental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología propuesta aquí ha sido implementada para la obtención de los valores T_m para un total de 58 taxones entre familias y grupos de orden superior de macroinvertebrados en el área de la Sabana de Bogotá. Estos valores T_m de indicación son propuestos como base en la adaptación del sistema BMWP (Riss *et al.*, 2002). De estos 58 grupos, 26 no son reportados en el sistema BMWP implementado en Inglaterra (Chesters 1980, Armitage *et al.*, 1983) o España (Alba-Tercedor 1996). Para estos grupos los valores de T_m calculados representan una aproximación obje-

tiva a sus valores de indicación en el área de estudio. En ese trabajo, se utilizaron como escala ambiental valores de calidad fisicoquímica *ad hoc* usando nueve variables seleccionadas mediante un análisis previo. Sin embargo, es posible utilizar cualquier sistema numérico de calidad y, sobre éste, obtener los valores primarios de bioindicación para los organismos seleccionados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo hace parte de los resultados del Proyecto "Quironómidos de la Sabana", financiado por COLCIENCIAS. (Contrato 065/96 Colciencias - Universidad Nacional de Colombia). Los autores del trabajo agradecen a esta entidad el apoyo técnico y financiero. A la Fundación Alexander von Humboldt (AvH) por el apoyo al segundo autor mediante una beca de investigación, a las agencias alemanas DAAD y GTZ por la donación de equipos y apoyo general al proyecto, a la Facultad de Ciencias y al Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia por la construcción y dotación de laboratorios y apoyo al proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBA-TERCEDOR, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV SIMPOSIO DEL AGUA EN ANDALUCÍA (SIAGA), Almería, vol. II: 203-213.
- ARMITAGE, P. D., MOSS, B., WRIGHT, J. F. & FURSE, M.T. 1983. The Performance of a New Biological Water Quality Score System Based on Macroinvertebrates Over a Wide Range of Unpolluted Running-Water Sites. *Water Research* 17: 333-347.
- BANARESCU, P. 1995. Zoogeography of Freshwaters, Bd. 1-3. Aula, Wiesbaden.
- BROWN, R., MCCLELLAND, N., DENINGER, R. A. & TROZER, R. G. 1970. A Water Quality Index - Do We Dare? *Water Sewage Works*, p.p. 339-343.
- CAIRNS, J. & PRAT, J. R. 1993. A History of Biological Monitoring Using Benthic Macroinvertebrates. En: Rosenberg, D. M. & V. H. Resh (editores). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, NewYork. p.p. 10-27.
- _____, MCCORMICK, P. V. & NIEDERLEHNER, B. R. 1993. A Proposed Framework for Developing Indicators of Ecosystem Health. *Hydrobiologia* 263: 1-44.
- CHESSMAN, B. C. & MCEVOY, P. K. 1998. Towards Diagnostic Biotic Indexes for River Invertebrates. *Hydrobiologia* 364: 169-182.
- CHESTERS, J. F. 1980. Biological Monitoring Working Party. The National Testing Exercise. Department of the Environment. Water Data Unit. Technical Memorandum 19: 1-37.
- ILLIES, J. 1969. Biogeography and Ecology of Neotropical Freshwater Insects, Especially Those From Running Waters. En: Fittkau, E. J., J. Illies, H. Klinge, G. H. Schwabe & H. Sioli (editores). *Biogeography and ecology in South America*, 2. Monogr. Biol. 19: 685-708.

- JOHNSON, R. K., WIEDERHOLM, T. & ROSENBERG, D. M. 1993. Freshwater Monitoring Using Individual Organisms Populations, and Species Assemblages of Benthic Macroinvertebrates. En: Rosenberg, D. M. & V. H. Resh (editores). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York. 40-158.
- OTT, W. 1981. *Environmental Indices. Theory and Practice*. Ann Arbor Science. Michigan.
- REYNOLDSON, T. B., NORRIS, R. H., RESH, V. H., DAY, K. E. & ROSENBERG, D. M. 1997. The Reference Condition: A Comparison of Multimetric and Multivariate Approaches to Assess Water-Quality Impairment Using Benthic Macroinvertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 16(4): 833-852.
- RISS, W., OSPINA, R. & GUTIÉRREZ, J. D. 2002. Establecimiento de valores de bioindicación para los macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. *Caldasia* 24 (1): 135-156.